
بإشراف إدارة الثقافة العامة
كتاب
وزارة التربية والتعليم مصر
حياة النبات
تأليف
جماعة من علماء النبات
ترجمة: دكتور محمد عبد الفتاح القصاص
مراجعة: دكتور حسين سعيد

الألف كتاب

حياة النبات

بإشراف إدارة الثقافة العامة
بوزارة التربية والتعليم
الإقليم الجنوبي

تصدر هذه السلسلة بمعاونة المجلس الأعلى للعلوم

الألف كتاب (٢٦٦)

حياة النبات

تأليف جماعة من علماء النبات

ترجمة
دكتور محمد عبد الفتاح القصاص

مراجعة
دكتور حسين سعيد

ملتزم الطبع والنشر
دار سعد مصر
للطباعة والنشر
١٠ كامل صدقي بالقاهرة

هذه ترجمة كتاب :

PLANT LIFE

قام بنشره :

Simon and Schuster

PLANT LIFE

A Scientific American book

Authors

Part 1

Victor Schocken
Aubrey W. Naylor
William P. Jacobs
Frank B Salisbury

Part 2

Frits W. Went

Part 3

John Tyler Bonner
Eric Ashby
Philip R White

Part 4

Eugene I. Rabinowitch
Kenneth V. Thiman

Part 5

Victor A. Greulach

Part 6

Theodosius Dobzhansky
Joao Murça-Pires
Frits W. Went

James Bonner
Verne Grant

Part 7

Paul C. Mangelsdorf

كلمة المترجم

يسرنى أن أقدم هذه الفصول إلى القارىء العربى لتحمل إليه صورة نابضة بالحياة عن تقدم علم النبات فى الزمن الحديث . فى هذه الفصول عرض مبسط وصادق لما يشغل الباحثين فى المعامل الجامعية ، ومراكز البحوث وحقول التجارب . وفيها فائدة محققة للقارىء المتخصص والقارىء المثقف . أما المتخصص فى فرع من فروع النبات فستتيح له هذه الفصول أن يلم بأطراف الفروع الأخرى ، وستفتح أمام بصره آفاقا كثيرة مما لا يدخل فى باب تخصصه . أما القارىء المثقف ، فستزيد هذه الفصول حصيلته ، وسيتابع فى يسر ما تناوله الكتاب من موضوعات متنوعة ، وسيطلع على ما ينبض به النشاط العلمى العالمى من آراء جديدة وإمكانيات لتطبيق النتائج العلمية فى المحاولات الزراعية وغيرها . وسيجد مدرسو العلوم البيولوجية فى المدارس والمعاهد فى هذا الكتاب حصيلة علمية يمكن الاعتماد عليها لتحبيب هذه العلوم إلى قلوب الطلاب ، ولتصحيح بعض الأخطاء الشائعة فى الكتب المدرسية .

هذه المميزات التى تزكى هذا الكتاب ، ترجع إلى أن مؤلفيه جماعة

من العلماء المبرزين المتخصصين فى الدراسات النباتية المختلفة . كتبوا هذه الفصول لتنشر فى مجلة العلوم الأمريكية التى تهدف إلى تعريف المثقفين عامةبالتطورات العلمية الحديثة . فالمؤلف متمكن من مادته ، ملم بأطرافها الممتدة من ماضى التاريخ إلى آفاق المستقبل ، وهو يكتب عن ذلك كله فى تبسيط يلائم القارىء المثقف مع حرص على الصدق والأمانةوالكمال العلمى ، وقد وفق المؤلفون أبلغ التوفيق فى مراعاة التوازن بين دواعى التبسيط والحرص العلمى .

ومؤلفو الجزء الأول أربعة . مؤلف الفصل عن الهورمونات النباتية هو فيكتور شوكين ، تخرج فى جامعة نيويورك عام ١٩٤٢ وحصل على درجة الماجستير من جامعة أوريجون ، ودرجة الدكتوراه من معهد العلوم والتكنولوجيا بكاليفورنيا ، حيث تخصص فى علم وظائف أعضاء النبات ، وعين باحثا فى معمل التركيب بالضوء بجامعة الينوى حيث تتلمذ على العالم الألمانى العظيم أوتو فاربرج ، ثم انتقل مع أستاذه للعمل فى المعهد القومى للبحوث الطبية فى ماريلاند وظل بها حتى رجع الأستاذ إلى موطنه ألمانيا ، فانتقل صاحبنا إلى جامعة هارفرد حيث بقى فيها لمدة عام انتقل بعده إلى معهد سمثسونيان . وفى عام ١٩٥٢ قرر شوكين أن يهجر دراسات علم النبات وأن يدرس الطب ، فكان له ما أراد ، وهو الآن طبيب مقيم فى المستشفى الجامعى بواشنجطن .

و مؤلف الفصل الثانى عن التحكم فى الإزهار هو أوبرى و . نايلور .
ولد فى تنسى عام ١٩١٥ ، ودخل جامعة شيكاجو وحصل منها على
درجاته العلمية جميعا . وقد أظهر تفوقه فى مراحل دراسته كافة ، فحصل
على عدد من جوائز التفوق والمنح التشجيعية ، وتبدت مواهبه الخاصة فى
دراسة علم وظائف الأعضاء ولكن فترة الحرب عطلت عمله العلمى ، فلما
انتهت الحرب عين باحثا فى معهد بويس تومسون ، ثم انتقل للعمل فى
هيئة للتدريس بجامعة وشنجطن ثم بجامعة يال . وفى عام ١٩٥٢ عين
أستاذاً لعلم البنات فى جامعة ديوك . قد عكف خلال حياته العلمية على
دراسة الأساس الكيميائى لوظائف الأعضاء النباتية .

ويتناول الفصل الثالث موضوع وتساقط الأراق ، ومؤلفه
وليم ب . جاكوبز الذى تخرج فى جامعة هارفرد عام ١٩٤٢ ، ثم التحق
بمعهد العلوم والتكنولوجيا بكاليفورنيا حيث تتلمذ على الأستاذ فريتس
فنت ، ثم عاد إلى هارفرد حيث حصل على درجة الدكتوراه عام ١٩٤٦.
انتقل بعد ذلك إلى جامعة برنستون ، وهو الآن من أساتذة علم النبات
بها . وتستهدف أبحاثه محاولة اكتشاف العوامل الحيوية الداخلية التى
تؤثر على النمو الطبيعى للنبات ، وكان تقصى أسباب سقوط الأوراق من
أول الموضوعات التى شغلته .

والفصل الرابع عن الهورمونات الجديدة مؤلفه فرانك ب . سالزبورى

من مواليد بروفو بولاية يوتاه ، وتخرج فى جامعة الولاية عام ١٩٥١ ، ثم التحق بمعهد العلوم والتكنولوجيا بكاليفورنيا حيث تتلمذ على الأستاذ جيمس بونار، وحصل على الدكتوراه عام ١٩٥٦ ، ثم عين أستاذاً للنبات فى جامعة كولورادو ، حيث عكف على أبحاثه التى تناولت الأسس الكيميائية لعملية الإزهار فى النباتات . كما اتضحت مواهبه فى الكتابة العلمية لغير المتخصصين .

هؤلاء هم مؤلفو الجزء الأول من هذا الكتاب ، أربعة شبان إن جاز لنا أن نستعمل هذه الصفة لمن جاوزوا الأربعين . وقد تناولوا فى هذه الفصول موضوعات تتسم أيضاً بالشباب والجدة فى مجالات البحوث العلمية . أما مؤلف الجزء الثانى عن علم المناخ الزراعى . فهو العلامة الأستاذ فريتس و فنت ، وهو واحد من أئمة علماء النبات المعاصرين وقد وضع فى هذا الكتاب علاوة على هذا الجزء فصولا أخرى فى الجزء السادس عن قصة الحياة النباتية فى كراكاتاو ، وعن بيئة النباتات الصحراوية . ولد فنت فى هولنده لأب هو أستاذ النبات فى جامعة أترخت ، وتدرج فى مراحل التعليم الجامعى حتى حصل على الدكتوراه عام ١٩٢٧ وتناولت رسالته بحوثا عن الهورمونات على نحو ما وصف تلميذه شوكين فى صدر هذه الفصول وسافر بعد ذلك إلى جاوة حيث أمضى خمس سنوات أتيحت له الفرصة خلالها لدراسة الحياة

النباتية فى جزيرة كراكاتاو . ثم انتقل إلى الولايات المتحدة حيث أصبح أستاذا للنبات فى معهد العلوم والتكنولوجيا بكاليفورنيا . واهتم منذ ذلك الحين بدراسة وظائف أعضاء النبات مع الاهتمام الخاص بدراسة النباتات الصحراوية وعلم المناخ الزراعى وهو دراسة العلاقات بين حياة النبات والمحاصيل وظروف المناخ . ويمكن أن يقال إن فنت قد أرسى دعائم هذا العلم الجديد . وأنشأ فنت معملا هائلا لدراسة تأثير العوامل المناخية على نمو النبات ، سماه مختبر النبات ، وسيجد القارىء وصف هذا المختبر وطرفا عن الدراسات التى تجرى فيه .

ومؤلفو فصول الجزء الثالث ثلاثة ، أولهم جون تايلر بونار الذى تخرج فى جامعة هارفرد ثم انتقل عام ١٩٤٧ إلى جامعة برنستون أستاذاً للعلوم البيولوجية . وقد عكف بونار على بحوث النمو فى الكائنات الدقيقة وبخاصة الفطريات .

أما الفصل الثانى عن شكل الورقة ، فمؤلفه الأستاذ إريك آشبى ، الذى يشغل حاليا منصب مدير جامعة بلفاست ، وبذلك تحول من العمل العلمى إلى العمل التعليمى . تخرج آشبى فى جامعة لندن ، وأول ما تناولته أبحاثه كانت موضوعات تجمع بين علم النبات والعلوم الرياضية ، مثل دراسة النمو والتحليل الرياضى لظواهره ومراحله ، ودراسات فى علم البيئة النباتية ولاسيما استخدام أسس علم الإحصاء فى دراسة المجتمعات والعشائر النباتية . ولما بلغ الثالثة والثلاثين من عمره ، عين أستاذاً فى جامعة سيدنى

بأستراليا ، والتحق بخدمة الحكومة فى غضون الحرب العالمية فشغل وظيفة رئيس المجلس الأهلى للأبحاث . ثم عين وزيراً فى المفوضية الأسترالية بموسكو . وعندما انتهت الحرب ، عاد إلى إنجلترا واستأنف عمله العلمى أستاذاً للنبات بجامعة مانشستر . وفى سنة ١٩٥٠ عين مديراً لجامعة بلفاست ، ومنحته الملكة لقب سير فى سنة ١٩٥٦ .

أما مؤلف الفصل الثالث من هذا الجزء فهو فيليب د . هوايت ، الحجة العالمية فى موضوع مزارع الأنسجة . تخرج فى جامعة مونتانا وتقلب فى وظائف ومهمات علمية متعددة ؛ فكان مدرساً للغة الإنجليزية فى إحدى المدارس الفرنسية ، وتحول إلى دراسات علم النبات ، فحصل على درجة الدكتوراه من جامعة جون هوبكنز عام ١٩٢٨ ، وعمل بوزارة الزراعة الأمريكية ، وبمعامل إحدى شركات الفواكه ، ومعهد بويس تومسون وجامعة برلين ، ثم استقر به الحال فى معهد روكفلر فى برنستون ، وهناك عكف على دراسة موضوع زراعة الأنسجة النباتية ، وقد زاد عمر بعض أنسجته على عشرين سنة . وفى هذا الفصل يصف لنا بعض خبرته ويبين لنا أهمية هذا الموضوع الذى يبدو أكاديمياً بحتا فإذا هو يتعلق بأمور ترتبط بأمراض النبات والحيوان والإنسان .

ويتضمن القسم الرابع فصلين ؛ الأول يتناول موضوع التمثيل الضوئى والثانى يتناول موضوع ألوان الخريف . ومؤلف الفصل الأول هو يوجين

رابينووتش ، أحد أئمة المشتغلين بموضوع التمثيل الضوئى ، وكتابه عن الموضوع يعتبر المرجع الأوفى . ولد فى لننجراد عام ١٩٠١ ودرس علوم الطبيعية والكيمياء الحيوية فى جامعات برلين وجوتنجن وكوبنهاجن ولندن . ومن إنجلترا هاجر إلى الولايات المتحدة عام ١٩٣٩ حيث واصل دراساته على التمثيل الضوئى ، وساهم فى الدراسات الذرية خلال الحرب العالمية . وهو الآن أستاذ الأبحاث فى قسم النبات بجامعة إلينوى .

ومؤلف الفصل الثانى عن ألوان الخريف واحد من أشهر علماء النبات المعاصرين ، كينث ف ثمان . إنجليزى الأصل ، حصل على درجة الدكتوراه من جامعة لندن عام ١٩٣٠ ، وسافر إلى أمريكا حيث شغل وظيفة فى هيئة التدريس بمعهد العلوم والتكنولوجيا بكاليفورنيا وساهم مع هرمان دولك فى الدراسات الأولى عن الهورمونات النباتية ونجح فى استخلاص أحدها وتعرف على تركيبه الكيميائى وهو اندول حمض الخليك ، ولما توفى دولك عام ١٩٣٢ جاء فريتس فنت إلى المعهد وتعاونا فى دراسة موضوع الهورمونات وتأثيرها على النمو النباتى . وفى عام ١٩٣٥ عين أستاذاً فى جامعة هارفرد حيث بقى فيها الى الآن ، وعلى يديه تخرج الكثيرون من المشتغلين بعلوم وظائف الأعضاء النباتية ومنهم مؤلفو فصول كثيرة فى هذا الكتاب .

والجزء الخامس من هذا الكتاب يتناول موضوع الحركة فى النبات . يعرض الفصل الأول التحركات الظاهرة ، والفصل الثانى التحركات الداخلية للعصارات والأغذية . ومؤلف الفصلين فيكتور ا . جريلاك ، تخرج فى جامعة أوهايو حيث حصل على الدكتوراه فى علم وظائف الأعضاء ، وعين فى هيئة التدريس بجامعة هوستن ، ثم جامعة تكساس ثم جامعة كارولينا الشمالية ، حيث واصل دراساته عن مواد النمو وظاهرة التواقت الضوئى . ويعتبر من أقدر الكتاب العلميين للقراء غير المتخصصين .

أما الجزء السادس ففيه خمسة فصول . يتناول الأول موضوعاً طريفاً هو الأشجار الخناقة ، ومؤلفاه عالمان أحدهما دوبزهانسكى أستاذ علم الحيوان فى جامعة كولومبيا ، ومن أشهر المتخصصين فى علوم الوراثة . والثانى موركو بيريس عالم برازيلى خبير بنباتات الأمازون ورئيس قسم النباتات بمعهد الأبحاث الزراعية بالبرازيل . ودوبزهانسكى من أصل روسى تخرج فى الجامعات الروسية وأصبح مدرسا فى جامعة لننجراد ، وهاجر إلى أمريكا عام ٩٢٧ واستوطن فيها منذ ذلك الحين ، وهو أستاذ لجيل من الباحثين فى ميادين العلوم الوراثية .

والفصلان الثانى والثالث فى هذا الجزء يتناولان قصة الحياة فى جزيرة

كرا كاتاو بعد الانفجار المدمر الذى ذهب بالحياة فيها عام ١٨٨٣ ، وبيئة النباتات الصحراوية . ومؤلف الفصلين هو الأستاذ فريتس فنت وقد سبقت الإشارة إلى حياته العلمية الغنية بالمعرفة والإنتاج .

ويتناول الفصل الرابع موضوعا طريفا هو كيمياء العلاقات الاجتماعية فى النباتات ، ومؤلفه جيمس بونار . ولد جميس وإخوته الستة لأستاذ العلوم الكيميائية فى جامعة يوتاه ، وورثوا عن والدهم حب العلوم التجريبية . وقد تخرج صاحبنا فى جامعة يوتاه ، ثم ذهب إلى معهد العلوم والتكنولوجيا بكاليفورنيا ومنه حصل على درجة الدكتوراه بعد أن تتلمذ على دوبزهانسكى فى العلوم البيولوجية ؛ وثمان وفنت فى علوم وظائف الأعضاء . وما زال يعمل فى هذا المعهد .

والفصل الخامس يعرض موضوع إخصاب الأزهار .. مؤلفه فيرن جرانت ، وقد تخرج فى جامعة كاليفورنيا وشغفته مؤلدات شارلس داروين عن التطور . وقام برحلات إلى المناطق الأمريكية الحارة وإلى جبال الأنديز حيث أمضى عدة سنوات فى دراسات نباتية حرة . وعاد إلى جامعة كاليفورنيا بعد الحرب حيث استأنف دراساته مع الأستاذ ستين ، ودرس مؤلفات دوبزهانسكى ، وعكف عن دراسة بيولوجيا التكاثر ومناهج التطورات النباتية . ويشغل حاليا وظيفة رئيس قسم الوراثة بالحدائق النباتية بكاليفورنيا .

أما الجزء السابع والأخير من هذا الكتاب فيتناول ناحية تطبيقية هي العلاقة بين علوم الوراثة والإنتاج الزراعى ، وبه ثلاثة فصول : الأول عن القمح ، والثانى عن الذرة ، والثالث عن الذرة الهجين ، ومؤلف الفصول الثلاثة بول س ما نجلسدروف ، وهو أحد الأئمة المعاصرين فى موضوعات وراثة المحاصيل . درس تربية القمح والذرة فى جامعة كنساس ، وتخرج عام ١٩٢١ ثم ذهب إلى محطة الأبحاث الزراعية فى كونكتيكت حيث درس مع جونز ، وإلى جامعة هارفرد حيث درس مع إيست ، وهما من واضعى أسس إنتاج الذرة الهجين كما سيلاحظ القارىء فى الفصل الأخير . وفى عام ١٩٢٠ انتقل إلى محطة الأبحاث الزراعية فى تكساس وبقى بها حتى ١٩٤٠ ، وخلال هذه المدة استنبط أصناف الذرة الهجين التى تلائم جو تكساس ، وأصنافا جديدة من القمح والشوفان والشعير . وتقلد فى ١٩٤٠ منصب الأستاذية فى جامعة هارفرد ومنذ ذلك الحين وهو المستشار العلمى لمؤسسات روكفلر التى تبذل العون لتطوير الزراعة فى البلاد الأخرى .

هذه كلمات قصار عن هذه الجماعة من علماء النبات الذين أسهموا فى وضع فصول هذا الكتاب . ونرجو أن تحقق هذه الترجمة الفائدة للقراء العرب .

المترجم

مقدمة

يتناول هذا الكتاب حياة النبات وعلاقته بالإنسان . ونحن البشر طفيليون على الحياة النباتية التى تشاركنا سطح هذا الكوكب : فللنبات القدرة الفريدة على استنباط المواد المعقدة التى تلزم للحياة من العناصر الخام البسيطة الموجودة فى الماء والهواء . وبذلك يؤسس النبات الحلقة الأولى من سلسلة الحياة التى تنتظم الكائنات جميعا .

وحيث إن المواد التى تدخل فى بناء جسم النبات لا بد أن تكون هى ذاتها التى تدخل فى بناء جسم الإنسان ، فإن دراستنا للحياة النباتية قد تؤدى فى النهاية إلى معرفة الكثير عن حياتنا .

وعالم النبات فى الزمن الحديث يدرس حياة النبات كوسيلة لفهم الحياة فى صورتها العامة . فالنبات يقدم له مادة رخيصة وميسرة للدراسات العملية والتجريبية على مسائل النمو والشكل والوراثة والتطور وكيمياء العمليات الحيوية . وسيلاحظ القارىء فى صفحات هذا الكتاب اهتمام مؤلفيه البالغ بالتطبيقات الثورية لدراساتهم فى مجالى الزراعة وتغذية الإنسان .

ومؤلفو هذا الكتاب من الأخصائيين فيما تناولته الفصول من

موضوعات . وقد كتبوا هذه الفصول كمقالات لقراء مجـــلة العلوم الأمريكية . ويتناول كل جزء عرض موضوع واحد متكامل ، على أن جمعها فى هذا الكتاب يزيد من قيمتها ، إذ يربط بينها ليكمل بعضها بعضا حتى لتجتمع منها صورة واضحة فى الاتجاهات الرئيسية لدراسات علم النبات فى الزمن الحديث .

ويتناول الجزء الأول من الكتاب موضوع الهورمونات النباتية التى تنظم حياة النبات . وهى مواد تعتبر بسيطة التركيب إذا قورنت بالهورمونات الحيوانية ، ولكن لها وظائف متعددة ، والأوكسينات مواد هى الهورمونات أو شبيهة بها ، تنظم تتابع الأنسجة النباتية وتنوعها . وتؤثر على النمو تنشيطا وتثبيطا ، وتتحكم فى موعد تفتح الأزهار ونضج الثمار وتساقط الأوراق . وقد اكتشفت حديثا مواد منظمة لنمو النبات تختلف عن الأوكسينات فى التركيب الكيماوى وفى الوظيفة . وقد ثبت وجودها فى جوز الهند ، والقسطنة الهندى ، والبطاطس ، والجزر ، وثمار الموز الناضجة ، بل وفى بعض الأنسجة الحيوانية . ويعتقد الباحثون أن المستقبل سيتكشف عن معارف جديدة فى فهمنا للعوامل التى تؤثر على انتظام الخلايا فى الأنسجة ، وانتظام الأنسجة فى أعضاء الكائن النباتى . كما أن هذه المواد الجديدة تنبىء عن تقدم كيمائى فى الزراعة ، ذلك لأن الأوكسينات أصبحت تلعب دوراً كبيراً فى العمليات

الزراعية فى الحقول والحدائق ، ونذكر - على سبيل المثال - أن إسقاط أوراق القطن ييسر عمليات الجنى الآلى للمحصول ، وأن عمليات الرش بمحاليل الأوكسينات قد حل محل الأيدى العاملة فى مقاومة الحشائش .

فإذا انتهى الجزء الأول عن الهورمونات ، سيتابع القارىء ما يتناوله الجزء الثانى من العلاقة بين النبات والمناخ . فى هذا الجزء خلاصة التجارب التى تمت خلال عشر سنوات فى «المختبر النباتى» ؛ وهو بناء يضم مجموعة من الحجرات الزجاجية التى يمكن أن يهيىء فيها الباحث ظروفا جوية تماثل أنواع المناخ المختلفة التى توجد على الكرة الأرضية . وبهذا التحكم التجريبى فى عامل المناخ يتيسر للباحث أن يقوم بالعديد من الدراسات الهامة . وقد ساعدت نتائج هذه التجارب على وضع أسس فرع جديد من فروع العلوم التطبيقية وهو علم المناخ الزراعى . ومن الأهداف الرئيسية لهذا العلم التعرف على أسس الملاءمة بين النباتات والمناطق التى يجود فيها نموها .

وتتناول الفصول الثلاثة التى يشتمل عليها الجزء الثالث كثيرا من الأسئلة التى يمكن الإجابة عنها بالرجوع إلى صفات المواد منظمة النمو النباتى . فيمكننا أن نعلل الظهور المباغت للعراهين الفطرية ، وأن نعرف كيف «تشعر» الخلايا التى تنقسم وتتنوع فى النبات صغير السن أنها قد

أتمت نسج عرهون جديد على أهبة الاستعداد ليخرج من بطن الأرض إلى ظاهر الأرض . ومن الواضح أن أوراق النبات ، وهو فى مستهل حياته ، تختلف شكلا عن أوراقه في ختام هذه الحياة . ولكننا لانزال نجهل التفسير الكيميائى لظاهرة الشيخوخة . وعندما نزرع فى أوانى الاختبار الزجاجية شذرة صغيرة من النسيج النباتى ، فإنها لا تكون جذراً وساقا وأنما تنمو ويزداد حجمها لتصبح كتلة غير منتظمة من الخلايا ، تشبه السرطان النباتى . وهى بذلك تفيد فى تفهم المسائل الأساسية فى عمليات النمو .

وفى الفصلين التاليين دراسات عن اللونين الأخضر والأحمر فى الأوراق ، وما لها من أثر فعال على العمليات الكيميائية الكبرى التى يقوم بها النبات لصالحه ولصالح الكائنات الحية الأخرى فاللون الأخضر للكلوروفيل يمتص النوع المناسب من أشعة ضوء الشمس ليمسك الطاقة اللازمة لتحقيق الاتحاد بين ذرات الكربون والأيدروجين الذى يعتبر أساس عمليات الكيمياء الحيوية والعضوية جميعاً . أما اللون الأحمر الذى يتميز فى أوراق الخريف ، فينم عن ظاهرة أخرى لا يمكن محاكاتها فى المعمل ؛ فالجزء الرئيسى فى الصبغة الحمراء هو حلقة بنزينية (إحدى الأصول الهامة فى الكيمياء العضوية) وتتكون فى الورقة بتحويل بارع المركبات السكرية ، وهى النتاج الأول

لعملية التركيب بالضوء . ومجموعة المركبات البنزينية تتضمن الأصباغ التى تستعمل فى الصناعة ، كما تتضمن ألوان الأوراق فى الخريف ، والكثير من المركبات الطبية والمركبات الفعالة كالمورفين والأستركنين والكينين ، كما تشمل مادة اللجنين التى تربط الألياف السيليولوزية فى التركيب النباتى . ومادة قطران الفحم التى تزود الكيميائى بمادة الفينول ليصنع منها أنواعا متعددة من اللدائن .

وفى حياة النبات مسائل طريفة متصلة بعلوم الميكانيكا والطبيعة والكيمياء فيمكن أن تشبه شجرة التنوب الدوجلى بمضخة مائية ترفع فى اليوم مئات الجالونات إلى علو يبلغ مئات الأقدام فوق سطح الأرض وسر هذه القوة الضخمة كامن فى عمليات تتم على صورة متناهية الصغر فى خلايا النبات . وتتيح هذه العمليات لبعض النباتات قدرة خارقة على الحركة حتى إن منها ما تخشاه وتتحاشاه بعض الكائنات التى تزحف أو التى تطير .

أما النباتات التى تصيد الحشرات فهى مثال فذ للآفاق الرائعة للتطور . ومثل ذلك أيضاً النباتات الخانقة التى يجد القارىء وصفها فى الجزء الخامس من هذا الكتاب ؛ وهى متسلقات تلتف حول الشجرة حتى لتغطيها ثم لا تزال تضغط عليها وتخنقها حتى تموت وتحتل مكانها فى الغابة، حتى ليقال إنها تؤكد أن فكرة الاختبار الطبيعى تتمثل فى دنيا

النبات كصراع بين مخلوقات ذات أنياب حادة ومخالب حمراء، على أن هذه النباتات نادرة، فالتكافل والتعاون فى دنيا النبات أعم وأشمل، شأنها فى ذلك شأن دنيا الحيوان. وأما المراحل المتتابعة لعودة الحياة النباتية إلى جزيرة كراكاتاو، بعد الانفجار الهائل الذى أتى على الأخضر واليابس، فيجد القارىء وصفها فى الجزء السادس كما ورد فيما رواه العلماء الذين زاروا الجزيرة. ويتمثل فى هذه المراحل نموذج جميل لارتباط الأنواع المختلفة بعضها ببعض. ففى تتابع منتظم حملت الريح والماء والطيور بذور بعض النباتات التى نبتت ونمت وهيأت — بنموها هذا — المجال الصالح لأنواع أخرى من النباتات، وهكذا تتابعت الأنواع حتى سادت الأشجار والحشائش واستعادت الجزيرة أحراشها وغاباتها. وهناك مثل آخر على تعاون وأقلمة العشيرة النباتية فى الصحراء بالنسبة لقلة الماء، فالحوليات ذات العمر القصير والجذور السطحية، تتعجل نموها مبكراً، وبذلك تترك مكانها لغيرها. أما الشجيرات المعمرة التى يمتد نشاطها الحيوى خلال فصول السنة جميعاً، فلها صفات مميزة تختلف عن صفات الحوليات؛ فجذورها تغرز فى الأرض مواد كيميائية تمنع نمو المزيد من النباتات ولو كانت من نفس نوعها، وبذلك تحفظ لنفسها كمية كافية من الماء فى الأرض.

ولوحظت هذه الظاهرة أول الأمر فى الصحارى، ثم ظهر أنها

لا تقتصر على الحياة النباتية فى الصحراء ، بل إنها قائمة أيضاً فى مناطق الأجواء الأخرى ، ويظهر أن هذا التأقلم يعلل ظهور خليط متتابع من النباتات فى الأماكن المزدحمة بالحياة النباتية .

ويتناول الفصل الأخير من الجزء السادس ، الذى خصص للتطور وعلم البيئة ، نظرة عامة للعشيرة ، تشمل الحياة النباتية والحياة الحيوانية معاً ؛ فألوان الزهر وأشكاله وعبيره من الوسائل المتعددة لاجتذاب النحل وغيره من الحشرات والطيور والخفافيش . وهى عوامل تعين على إتمام عملية اللقاح . والأزهار التى تلاقحها الريح غالباً ماتفتقر إلى صفات الأزهار الجميلة التى تلاقحها الحشرات .

والإنسان أحد العوامل الهامة فى تطوير النباتات ؛ فالثورة الزراعية يمتد تاريخها عبر القرون إلى عشرة آلاف سنة . وقد أصبح من العسير إرجاع نباتات المحاصيل إلى أصولها البرية التى استنبطها الإنسان منها . ولقد كان الإنسان حتى منتصف القرن الماضى ، كالآلة فى عملية الاختيار الطبيعى . وأصبحت نباتات القمح والذرة مختلفة جدا عن أصولها من الحشائش البرية . وكان الإنسان قد تعلم بعد تكرار التجربة والخطأ أن يستغل بعض الحوادث الطبيعية ، أما الآن فقد أصبحت تربية النباتات ترتكز على الإدراك العلمى لظواهر الوراثة . حتى صار استنباط وتطوير نباتات المحاصيل أكثر يسرا وأقل بطئاً ، وأصبح فى الإمكان استنباط

أصناف جديدة من القمح والذرة لتلائم ظروف التربة والمناخ ، أو لتقاوم آفات وأمراض جديدة ، أو تكون أوفر غلة أو أيسر حصاداً ، وقد كان لهذا التطور أثر واضح على المجتمع الإنسانى . فما زال الإنتاج الزراعى فى البلاد المتقدمة فى ازدياد مطرد رغم تناقص الأيدى العاملة فى الزراعة . وأدخلت الوسائل الحديثة فى الفلاحة وتربيةالنباتات فى بلاد كثيرة ، مما زاد الغلة وكان له أثر واضح فى رفع مستوى التغذية كما أصبح للذرة الهجين مكان مرموق فى المجالات الزراعية ، حتى ليمكن القول إن التاريخ سيذكر فكرة الذرة الهجين كأهم الأفكار الثورية التى ظهرت فى أمريكا منذ إعلان الاستقلال ، وسيجد القارىء قصة الذرة الهجين فى الفصل الثالث من الجزء السابع من هذا الكتاب .

الناشر

الجزء الأول

مواد النمو

الفصل الأول — الأوكسينات ..... تأليف فيكتور شوكين

الفصل الثانى - التحكم فى الإزهار ... تأليف أوبرى و . نايلور

الفصل الثالث — تساقط الأوراق ... تأليف وليام ب. جاكوبز

الفصل الرابع — هورمونات جديدة...تأليف فرانك ب. سالزبورى

الفصل الأول

الأوكسينات

عرف الكثير من الناس بالتأثيرات الهامة للهورمونات على أجسادهم بل وعلى شخصياتهم ، ولكنهم أقل إد اكا لأهمية الهورمونات فى حياة الحيوان والنبات ، وأثرها الحاسم فى تنظيم التفاعلات الكيميائية التى يتضمنها النشاط الحيوى للكائن . والهورمونات النباتية ، شأنها فى ذلك شأن الهورمونات الحيوانية ، مواد كيميائية تتكون فى جزء ما من الكائن الحى وتؤثر على العمليات الوظائفية فى أجزاء أخرى . ولا توجد فى النبات غدد خاصة لإفراز الهورمونات ، إنما تتكون فى البراعم والقمم النامية . وقد أمكن استخلاص بعضها فى حالة نقية ، بل أمكن تخليق مركبات كيميائية ذات تأثير يماثل تأثير الهورمونات النباتية ، مثلما أمكن تخليق عقاقير تشبه فى تأثيرها الهورمونات الإنسانية . وبعبارة أخرى ، يوجد فى النباتات ما يقابل الأدرينالين (مادة طبيعية) والبنزدرين (مادة كيميائية صناعية لها نفس تأثير الأدرينالين) .

وبفضل معرفتنا بهذه المواد ، تتاح لنا قدرة فعالة للتأثير على الحياة

النباتية ، فهذه المواد الكيميائية الطبيعية والصناعية ، والتي تسمى الأوكسينات ، لها أثر بالغ فى نمو النبات وسلامته حتى ولو استخدم منها النزر اليسير . وقد أصبحت هذه المواد فى أيدى الفلاحين ، يعتمدون عليها فى مقاومة الأعشاب ، وفى غير ذلك من الأغراض وما تزال مجالات استعمالها كالآفاق التى لم تتكشف بعد .

وقد كانت تجارب شارلس دارون على ظاهرة الانتحاء الضوئى ، وهى ميل النبات نحو مصدر الضوء ، أول ما نبه الأذهان إلى وجود الهورمونات النباتية . ولقد كانت الظاهرة معروفة فيما قبل دارون ، ولكنه كان أول من أوضح أن أجزاء معينة من النبات هى التى تتأثر بالضوء وتستجيب له . فى تجاربه على بادرات حب العصافير والشوفان والفول وغيرها ، لاحظ أن النبات لا ينحنى نحو الضوء الجانبى إذا غطيت قمته النامية بورق القصدير أو الزجاج الأسود . أما إذا غمر جسم النبات كله فيما عدا القمة فى رمل أسود ناعم ، فإن النبات ينحنى نحو الضوء الجانبي حتى ليشمل الانحناء ساق النبات جميعها ، فتميل عبر الرمل الأسود نحو مصدر الضوء . كما تبين دارون أنه إذا فصلت قمة النبات أو الجزء العلوى منها الذى لا يجاوز عشر البوصة (٢,٥ مليمتر) فإن البادرة لا تستجيب لظاهرة الانتحاء الضوئى . ومن هذه التجارب وغيرها استنتج دارون ، كما جاء فى كتابه المطبوع عام ١٨٨١ والمسمى

« الحركة فى النبات » أنه « عندما تتعرض البادرات لضوء جانبى فإن تأثيرات معينة تنتقل من الأجزاء العليا إلى الأجزاء السفلى وتسبب انحناءها نحو الضوء » .

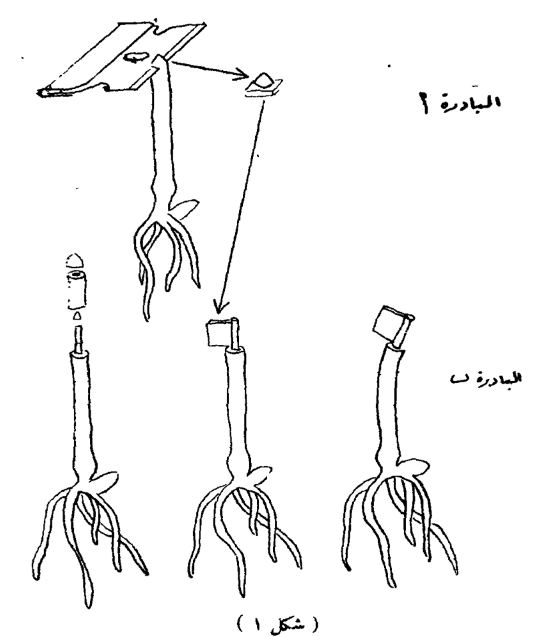
ولكن ، كيف ينتقل هذا التأثير ؟ وجد عالم النبات الدانمركى بويسن ينسن أنه إذا شق الجانب المظلم « البعيد عن الضوء » فى قمة البادرة شقا عرضياً ، ووضع فى الشق شريحة رقيقة من الميكا ، فإن ذلك يوقف سريان المؤثر ولا تنحنى البادرة النباتية نحو الضوء . أما إذا كان الشق فى جانب البادرة المواجه للضوء فإن سريان المؤثر لا يتوقف وتنحنى البادرة نحو الضوء كالعادة . واستنتج هذا العالم من ذلك أن المؤثر يسرى من القمة إلى أسفل خلال الجزء المظلم من البادرة .

واستطرد هذا العالم فى تجاربه فقطع قمة البادرة ، وغطى السطح المقطوع من الساق بقليل من محلول الجيلاتين ، ثم أعاد القمة المقطوعة إلى مكانها فوق الجلاتين وثبتها فى مكانها بزبد الكاكاو بينما ظل باقى البادرة فى ظلام ، فلما عرض القمة إلى إضاءة جانبية شاهد انحناء البادرة أسفل القطع نحو الضوء ، واستنتج من ذلك أن المؤثر قد مر فى طبقة الجلاتين (غير الحية) سارياً من القمة إلى ما دونها من أجزاء البادرة .

ثم جاء يال ، بجامعة أترخت الهولندية ، ودلل على أن ظاهرة

الانتحاء الضوئى ، تنتج بسبب اختلال فى توزيع مادة منظمة للنمو فى جانبي النبات . وقد أثبت أنه إذا قطعت القمة ، ثم أعيد وضعها بحيث تغطى نصف مقطع ساق البادرة فإن النصف المغطى من الساق ينمو أسرع من النصف الآخر مما يسبب انحناء الساق . ولقد أيدت هذه التجربة وجود مادة منظمة للنمو تسرى من القمة إلى مادونها من أجزاء النبات . كما دلت أيضاً على أنه إذا تلقى جانب من جانبى الساق كمية أوفر من هذه المادة ، فإنه يستطيل بسرعة تزيد على سرعة استطالة الجانب الآخر ، وينتج عن ذلك انحناء الساق نحو الجهة قليلة النمو .

وعند هذا الحد من المعرفة أصبحت المشكلة هى استخلاص هذه المادة الغامضة . تابع ف و . فنت بجامعة أترخت هذه الدراسات ؛ فكان يقطع قمم بادرات الشوفان ، ويضعها فوق قطع من الأجار ، ثم ينزعها ويضع قطع الأجار وحدها على مقطع الساق المنزوعة قمته بحيث تغطى نصفاً واحداً دون النصف الآخر فشاهد انحناء الساق مما دله على سريان هورمون النمو إلى مادة الأجار ، فلما وضعها على الساق انتقلت من قطعة الأجار إليه بما زاد سرعة نمو الجانب المغطى دون الآخر وأحدث انحناء الساق (انظر شكل ١) . وزاد فنت على ذلك أن شدة الانحناء تتناسب مع عدد القمم التى انتقل منها هورمون النمو إلى قطعة الأجار . وبمثل هذه الطريقة أصبح فى الإمكان قياس تركيز مادة النمو



(شكل ١)

تجربة فريتس و. فنت : الرسم الأعلى يبين البادرة (ا) وقد قطعت قمتها ووضعت على قطعة من الجيلاتين . الرسوم الثلاثة للبادرة (ب) تبين إعدادها للتجربة ، ثم وضع قطعة الجيلاتين التي تلقت الأوكسينات من قمة البادرة (ا) ثم انحناء البادرة إلى اليمين نتيجة لتأثير الأوكسينات التي سرت من قطعة الجيلاتين . تعتبر زاوية الانحناء مقياسا لكمية الأوكسينات الموجودة .

فى قطعة الأجار . وسميت هذه الطريقة القياسية « اختبار الشوفان » .

وقد أثارت هذه الدراسات اهتمام علماء الكيمياء الحيوية فاهتموا ببحث هذه الهورمونات بعد أن أصبح فى الإمكان معايرة تركيزها فى المواد النباتية المختلفة . كما أصبح فى الإمكان متابعة نشاط هذه الهورمونات وتأثيرها ، باستخلاصها وتركيزها أو بمعاملات كيميائية أخرى . وقد أتاح اختبار الشوفان وسيلة للتعرف على المواد الغنية بالأوكسينات . وهذا ما قام به فريتس كوحل وتلاميذه فى جامعة أترخت ذاتها . حيث وجدوا فى أثناء اختبارهم لمواد عديدة أن البول الإنسانى غنى جداً بمواد النمو . فبدأوا بكمية قدرها حوالى أربعين جالونا من البول حصلوا عليها من مستشفى ، وما زالوا بعمليات التركيز والاستخلاص المتتابعة حتى حصلوا على أربعين مليجراما من بلورات ذات نشاط يعادل خمسين ألف مرة نشاط البول الأصلى . فهذا النزر اليسير من المادة ، الذى لا يجاوز فى حجمه نصف قيراط من الماس . يكفى بعد إذابته وتخفيفه لإحداث انحناء شدته عشر درجات فى كل من بليونى بادرة شوفان . وأظهر التحليل الكيميائى أن هذه المادة النشطة مركب جديد من :

ك١٨ يد٣٢ ا٥ وسمى حمض أوكسينتريوليك أو أكسين ا

وفى نفس عام ١٩٣٤ أمكن ، بطرق مماثلة من الاستخلاص والتركيز

فصل مادة نشطة أخرى من زيت جنين الذرة ، وظهر أن ه ه المادة مماثلة لأوكسين ا وتركيبها الكيميائى هو : ك$_{١٨}$يد$_{٣٠}$ا$_{٤}$ وسميت حمض أوكسينولونك أو أوكسين ب وأخيرا أمكن فصل مادة ثالثة من البول هى أندول حمض الخليك ، وهى مادة كيميائية كانت معروفة للكيميائيين منذ خمسين سنة دون أن تعرف صفاتها كإحدى مواد النمو

أثارت هذه الاكتشافات سؤالا محيرا : أى هذه المواد الثلاث هى هورمون النمو الطبيعى فى النبات ؟ ظهر من الدراسات المتعلقة بالوزن الجزيئى والتركيب الكيميائى لهذه المواد أن أوكسين ا هو الهورمون الطبيعى ، ولكن الدراسات الحديثة أظهرت أن أندول حمض الخليك موجود أيضا فى النبات . والواقع أن اكتشاف صفة أندول حمض الخليك كمادة من منظمات النمو ، كان له أكبر الأثر على تنشيط الأبحاث العلمية المستفيضة التى تلت ذلك . وقد ظهر أيضا أن المركبات الكيميائية قريبة الصلة بأندول حمض الخليك ، مثل أندول حمض البروبيونيك ، ونافثالين حمض الخليك لها أيضا القدرة على تنشيط النمو فأصبح لدى علماء النبات عدد من المواد العضوية ذات التركيب البسيط نسبيا مما يمكن استخدامه فى التجارب . وأصبح أندول حمض الخليك يستعمل فى اختبار الشوفان معيارا يقاس بالمقارنة إليه فاعلية المواد منشطة النمو . ويجرى اختبار الشوفان على النحو التالى : تنبت بذور الشوفان المنتقاة

بعد نزع أغلفتها على ورق ترشيح مبلل بالماء المقطر ، ثم تنمى بعد ذلك في حوامل زجاجية ، وعندما يبلغ طول البادرات حوالى البوصة (٢٫٥ سم) تقطع قممها ثم تقسم إلى مجموعتين ، تعامل المجموعة الأولى بوضع قطع الأجار ، التى تحوى قدراً معلوماً من أندول حمض الخليك على ناحية من نواحى مقطع الساق التى نزعت قمتها ، أما المجموعة الثانية فتوضع عليها قطع أجار مساوية فى الحجم والتركيب لقطع الأجار الأولى ولكنها تحوى المادة التى يراد اختبار شدة أثرها على النمو ، وتترك البادرات جميعاً لمدة ٩٠ دقيقة تصور بعدها فوتوغرافياً وتقاس درجة انحنائها . وبمقارنة الانحناء الذى تحدثه المادة التى يراد اختبارها بالانحناء الذى تحدثه مادة أندول حمض الخليك يمكن إيجاد تقدير كمى لفاعلية المادة الجديدة .

وتابع العلماء دراساتهم بعد التعرف على الأوكسينات ، فظهر أن لها أثراً فعالا ليس فقط على نمو النبات بل على شكله وتركيبه أيضاً . فقد كان من المعروف أن اطراد نمو الساق الرئيسية يمنع نمو البراعم الجانبية ، فإذا نزع البرعم القمى بدأت البراعم الجانبية فى النمو وكان التعليل المتعارف عليه لهذه الظاهرة هو أن مواد معوقة للنمو تسرى من القمة إلى مادونها من الأنسجة . وقد أمكن إثبات هذا الرأى باستعمال مواد النمو المخلقة فإذا نزع البرعم القمى للساق ، ووضع فى مكانه قدر يسير من أندول حمض الخليك، فإن البراعم الجانبية

تظل ساكنة لاتنمو،أىأن أندول حمض الخليك الذى أثبتت التجارب أنه منشط للنمو ، له أيضاً القدرة على تثبيط البراعم الجانبية .

تبين أيضاً أن للأوكسينات تأثيرا على تكوين الجذور ، أى أن لها تأثيرات متعددة الأوجه.وقد كان لاكتشاف أثرها على تكوين الجذور أهمية كبرى فى مجال التطبيق ، ذلك لأنها تنشط تكوين الجذور على عقل النباتات .وتعرف هذه العملية بالتكاثر الخضرى وهى ذات فائدة عظمى فى زراعة البساتين ، فهى وسيلة للمحافظة التامة على الصفات الوراثية جيلا بعد جيل . وبها يمكن المحافظة على الصفات الخاصة لأنواع معينة من الفواكه كالتفاح أو البرتقال عديم البذور أو أصناف الورد ذات الألوان الخاصة . والعقلة فى الغالب قطعة من الساق عليها بعض الأوراق،وفى بعض الأحيان قد تستخدم ورقة أوجزء من ساقأوجذر أو حتى حرشفة بصلة لبدء نبات جديد . ومعاملة العقل بمادة الأوكسين تساعد على الإسراع فى تكوين الجذور كما تزيد فى عددها وقوتها ، حتى أصبح من أعمالالبستنة غمس العقل فى محلول الأوكسين،أورشها بمسحوق هذه المادة وتوجد حالياً فى الأسواق عشرات المواد التى يستعملها البستانى وصاحب الحديقة . ونذكر فى هذا الصدد أن لمادة الأثيلين البترولية القدرة على تنشيط تكوين الجذور ، ولها أيضاً القدرة على تنشيط نضج الثمار ، ولوحظ أن غاز الاثيلين يتصاعد من ثمار بعض أنواع التفاح التى تتميز بسرعة النضج ، ولو وضعت ثمار هذا النوع من

التفاح مع طماطم خضراء فجة فى إناء محكم فإن الطماطم تنضج سريعا .

ومن صفات الأوكسينات التى تجعل لها أهمية اقتصادية ، قدرتها على التأثير فى الأزهار فى بعض النباتات وخاصة الطماطم لتنتج الثمار دون تلقيح . ولهذه الظاهرة أهمية خاصة للزراعة فى الصوبات حيث يصعب التلقيح لقلة الحشرات وانعدام الريح . وفى مثل هذه الحالات ترش محاليل الأوكسينات على نباتات الطماطم المزهرة ، فيزيد ذلك من إثمارها ، والثمار التى تنتج بهذه الطريقة عديمة البذور عادة ، وعلى ذلك فإن معاملة الأزهار بمادة الأوكسين تزيد المحصول ، وتيسر استنباط أصناف من الثمار عديمة البذور .

وتستعمل مادة الأوكسين فى حقول الأنناس ، فقد كانت زراعة هذا المحصول تواجه صعوبة خاصة فى التوقيت المناسب للتلقيح وإنتاج الثمار ، والمشكلة هى توافق الإزهار مع مرحلة النمو المناسب ، إذ لوحظ أن حجم الثمرة الناضجة يتناسب مع عدد أوراق النبات فى وقت الإزهار . وتبين أن صنف الأنناس المسمى بكابيزونا والمعروف بضعف إزهاره وتواضع نموه الطبيعى ، إذا عومل مرة واحدة بمادة الأوكسين (نافثالين حمض الخليك ، أو ٢و٤ دايكلوروفينوكسى حمض الخليك) فإنه يزهر فى أى وقت من أوقات السنة . ومن هذا يتضح أن فى الإمكان إنتاج ثمار متشابهة ذات حجوم مناسبة ، باستعمال مادة الأوكسين عندما

يكون الأوراق فى النبات مناسبا .

ومع أن إزهار التفاح والكمثرى وإثمارها عمل لا يحتاج إلى تنشيط ، فإن أصحاب البساتين يستعملون الأوكسينات لأغراض أخرى ، فمن الأسباب الرئيسية لقلة المحصول فى التفاح والكمثرى تساقط الثمار الفجة. والمعروف أن قدرا يتراوح بين ربع المحصول ونصفه يتساقط قبل أن تنضج الثمار أو تتلون ، ولذلك فصاحب البستان عليه أن يختار بين جمع المحصول قبل النضج أو أن ينتظر تمام النضج ، وفى ذلك خطر التساقط وقد دلت البحوث على أن رش نبات النجدة coleus (وهو جنس من العائلة الشفيقية يتميز بأوراقه المبرقشة الألوان) بمحلول الأوكسين يؤجل تساقط الأوراق . فلما طبقت هذه المعاملة على أشجار التفاح والكمثرى وجد لها أثر محمود ، وأصبح للبستانى أن يطمئن إلى محصول وافر ناضج باستعمال واحد من الأوكسينات التجارية المتعددة .

وثمة فائدة أخرى للأوكسينات بسبب قدرتها على تثبيط نمو البراعم الكامنة ، تلك هى استعمال أحدها وهو نافثالين حمض الخليك المثيلى فى منع إنبات براعم درنات البطاطس ، مما ييسر تخزينها لمدة أطول فى درجات الحرارة العادية . ومثل ذلك يقال عن تخزين بعض نباتات الزينة سريعة الإنبات .

وقد أضيف حديثا إلى قائمة الأوكسينات ، مركب كيميائى هو

٢,٤ دايكلوروفينوكسى الخليك ، ويطلق عليه اختصارا ٢,٤ — د .
وقد لقيت هذه المادة اهتماما زائدا لما لها من استعمالات متعددة ، منها الإفادة من مقدرتها على إبادة الأعشاب الضارة ، إذ وجد أن رش الحقول بهذه المادة يميت الأعشاب من النباتات ذات الفلقتين دون النجيليات . أى أن فى الإمكان الاعتماد على هذه المادة فى تطهير حقول قصب السكر والذرة وملاعب الجولف والمسطحات الخضراء ، وإزالة أغلب الأعشاب دون أعمال العزق والتنظيف اليدوى الذى يحتاج إلى مجهودات كثيرة . ولا يقتصر تأثير هذه المادة على الإضرار بالنبات الذى يتساقط عليه ، بل دلت التجارب على أن النباتات التى تتعرض لتأثير مادة ٢,٤ - د تزداد فيها سرعة عمليات التحول الغذائى المختلفة ، ومنها عمليات احتراق الغذاء حتى ليسغب النبات ويموت جوعا . أما إذا كانت مادة ٢,٤ - د مخففة فإن لها تأثير الأوكسينات التى سبق ذكرها . وظهر أيضا أنه يمكن استعمال هذه المادة لإزالة الفطريات التى تصيب أصابع أقدام الرياضيين . والواقع أن الاستعمالات المتعددة لمادة ٢,٤ - د تظهر التأثيرات المختلفة للأوكسينات على حياة النبات والتى يلخصها ج متشل فى كتاب الزراعة السنوى ١٩٤٣ — ١٩٤٨ بقوله :

« وعلى سبيل المثال نذكر أن لو وضعت شذرة من مادة ٢,٤ - د قدرها جزء من المليون من الأوقية على جانب من ساق بادرة فول فإن

خلايا ذلك الجانب ستنمو أسرع من خلايا الجانب المقابل، ومن ثم ينحنى الساق . أما إذا خلط ما قدره ألفا ضعف لهذه الكمية من هذه المادة بدهن اللانولين ومسح المخلوط على الجزء الرخص من الساق فإن استجابة النبات تختلف ؛ فالمواد الغذائية تنتقل إلى الجزء موضع المعاملة ويزداد انقسام الخلايا، ويتكاثر عددها ، وتنتظم الخلايا الجديدة فى بداءات جذور سرعان ما تنمو نحو الخارج فتبرز خلال سطح الساق . ولو غطى هذا الجزء بتربة مبللة لاستمرت استطالة هذه الجذور الجديدة واتخذت لنفسها وظائف الجذر العادية من امتصاص الماء والمواد الغذائية من التربة . أما إذا عفر النبات بمسحوق ٢,٤ - د فإن النتيجة تختلف جدا ، فإن نمو النبات يتوقف ، وتزداد سرعة عمليات التنفس فى النبات ، وسرعان ما يستهلك الغذاء المختزن فى النبات فيذوى النبات ويموت فى مدى ثلاثة أسابيع من هذه المعاملة أو بعد المدة الكافية لاستنزاف غذائه المختزن .

ونستطيع بعد هذا العرض الموجز أن نتبين الشبه بين الهورمونات النباتية والهورمونات الحيوانية ، إلا أن هذا التشابه ليس كاملا فالهورمونات النباتية (الأوكسينات) تبدو أعم أثرا . فبينما يؤثر الهورمون الحيوانى على وظيفة أوعملية حيوية بعينها ، نجد أن الهورمون النباتى قد يؤثر على نواح متعددة من حياة النبات مما تظهره النتائج

الملموسة : فهى أحياناً تنشط النمو وفى أحيان أخرى تثبطه ، وربما نتج عن تأثيرها أورام نباتية وربما سببت موت النبات . والواضح أن الأوكسينات تؤثر على بعض النواحى الأساسية فى الخلية ، مما يظهر أثره على أشكال متعددة تختلف باختلاف طبيعة النبات ، وعمر أنسجته ، والمواد المتفاعلة داخل خلاياه ، وعلى الظروف الأخرى خارج النبات وداخله .

وقد عكف كثير من الباحثين على محاولة تحديد المنهج الذى تؤثر به الأوكسينات على النبات ، واستجابة النبات لهذه المؤثرات ، وذلك لأن إدراك العوامل المنظمة لنمو النبات ونضجه سيفتح أمام معارفنا آفاقا جديدة لإدراك كنه الحياة ذاتها . وقد ظهرت عدة نظريات فتحت أبوابا جديدة للمزيد من البحث دون أن يكون بينها ما تؤيده الحقائق والمشاهدات الوافية التى تقطع بقبوله دون سواه . ولما كان للنزر اليسير من مادة الأوكسينات أثر على النمو، فقد عم الاعتقاد بأنها تؤثر على العمليات الأنزيمية بالتأثير المباشر (كمرافق أنزيمى مثلا) أو بالتأثير غير المباشر (كوسيط كيميائى) . ولم يتحدد بعد الأنزيم الذى يرتبط باستجابة النبات لتأثير الأوكسينات ، ولكن الأمل معقود على الأبحاث والدراسات الجارية حاليا لترشدنا فى القريب إلى التعرف على هذا الأنزيم وإلى تعليل تأثير الأوكسينات على النشاط الحيوى .

على أن خطى التقدم مستمرة فى الثورة الكيميائية فى مجالات الزراعة. ومستقبل القدرة على التحكم فى سرعة ونظام نمو النبات باستعمال الأوكسينات ينبىء بعصر موفور الخيرات تحققه القدرة على التحكم فى الطبيعة، وهو أمل ما زال يبدو بعيد المنال .

الفصل الثانى

التحكم فى الإزهار

عندما تتفتح أزهارالزعفران crocus فإنها تعلن قدوم الربيع ، ثم تتتابع فصول السنة ، وفى كل فصل تزهر نباتات أخر ، كأنما تتبع توقيتا محددا ، حتىأصبح هذا التقويم الزهرىأمراً طبيعياً لايثير الاستغراب . ولـكنا نتساءل : ما سر هذا التوقيت المنتظم ؟ لمـاذا لا يزهر الزعفران فى شهر يوليو ، ولماذا لا تزهرالطنبرجيه black-eyed susans فىشهر أبريل ولا تظهر أزهار قضيب الذهب Goldenrod فى شهر مايو ؟

الإزهار يمثل تحول أساسى فى فسيولوجية النبات ، تحول من إنتاج السوق والفروع والأوراق الجديدة ، إلى إنتاج براعم تتفتح عنها الزهور ثم تنضجُ الثمار وبذور التكاثر . فأى صمام فى حياة النبات قادر على إحداث هـذا التحول ؟ . لو توصلنا إلى إدراك الأسـباب والعوامل التى يتأثر بها النبات فيتحول إلى الأزهار ، لأمكننا أن نأمل تقدما رائعا فى الزراعة وفى قدرتنا على التحكم فى الطبيعة . ودراسة هذا الموضوع تبدأ عادة بتناول الظروف والعوامل البيئية التى تتحكم فى نمو

النبات وبلوغه كالحرارة والضوء والماء والغذاء الأرضى . فالخبرة الطويلة علمت البستانى الماهر كيف يجبر النبات — بالتحكم فى هذه العوامل — على الإزهار فى مواعيد تتطلبها مصالحه التجارية . على أن هـذه الوسائل النابعة عن الخبرة فقط ، لم تعاون إلا قليلا على فهم العمليات الفسيولوجية التى يتحول بها النبات من النمو الخضرى (أى إنتاج الأوراق الخضراء) إلى النمو الزهرى .

ومن البديهى أن النبات ، شأنه فى ذلك شأن الحيوان ، لابد أن يصل إلى مرحلة البلوغ قبل أن يزهر ويتكاثر ؛ فأشجار الفاكهة مثلا لا تزهر ولا تثمر قبل أن يبلغ عمرها عدة سنوات . ولا يزهر نبات الذرة قبل أن يكون له عدد من الأوراق يختلف باختلاف صنف الذرة وينمو فى جامايكا نوع من الخيزران تنبت بذوره وينمو عنها نبات يستمر فى النمو الخضرى ٣٢ سنة يزهر بعدها مرة واحـدة ثم يموت النبات . ويبدو أن دورة حياة هذا النبات ثابتة لا تتغير حتى إذا زرع هذا النبات فى أى مكان آخر من الدنيا فإنه يحافظ على دورة حياته ويزهر بعد ٣٢ سنة دون زيادة أو نقص .

عل أن الأسباب الحقيقية ، التى يستجيب لها النبات فيزهر ، لم تعرف بعد . فأحيانا يزهر النبات قبل موعده ، شأنه فى ذلك شأن الحيوان الذى يبلغ مرحلة النضج الجنسى قبل الأوان العـادى ،

والمعروف أن فى الإمكان دفع الحيوان إلى البلوغ المبكر إذا أزيلت أو تلفت غدته الصنوبرية (غده فى المخ) مما يسبب اختلالا فى التوازن الهورمونى فى الجسم ، فيسرع به نحو النضج الجنسى وهذا يدل على أن للهورمونات دخلا فى نضج النبات وإزهاره . وقد اتخذت دراسة المراحل الفسيولوجية التى تسبق بدء النبات فى إنتاج الأزهار نهجين أساسيين : الأول منهما يضع درجات الحرارة فى الاعتبار ، والثانى يضع طول النهار فى الاعتبار .

أما عن الحرارة فمنذ ٣٥ عاما اكتشف العالم الألمانى جوستاف جاستر إمكان التأثير على إزهار نباتات الحبوب بالتحكم فى درجات الحرارة عند الإنبات . وكان الشيلم rye واحدا من نباتات التجارب ، وهو نبات شتوى يبذر فى الخريف ، وينبت فى غضون الشتاء والربيع ، ويزهر فى الصيف فإذا تأخر البذر إلى الربيع نبتت البذور ونما النبات نموا خضريا دون أن يدخل فى دور الإزهار على أن البذور النابتة إذا حفظت قرب درجة الصفر لمدة معينة ، ثم زرعت فى الحقل فى الربيع المتأخر ، فإن النبات ينمو ويزهر ويثمر . وقد استخدمت هذه الطريقة لتحويل أصناف الحبوب الشتوية إلى أصناف ربيعية ، وسميت هذه الظاهرة « بالارتباع » . وكان الظن أن التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة يؤثر على عمليات التحول الغذائى فى النبات ، ولكن ظهر أن

عملية الارتباع تقبل الانعكاس ، وأن التغير يحدث خلال فترة حاسمة مدتها أربعة أيام لا يمكن الانعكاس بعدها ، وإن بادرات الشيلم لا يمكن لها الارتباع إذا قل غذاؤها ويدل هذا على أن الإزهار يعتمد على تكون مواد معينة فى النبات ، دون أن يتغير النظام الفسيولوجى جميعه .

أما الاعتبار الثانى ، وهو استجابة النبات لطول النهار فيعبر عنه بظاهرة التواقت الضوئى ، وهى أكبر أثراً من الحرارة ، وجاء البحث فى هذا المنهج أكبر نفعاً فى مجالات التطبيق الزراعى ، واكتشاف هذه الظاهرة يرجع إلى دراسات أجراها منذ ٣٠ عاما عالمان أمريكيان و . جارنر و هـ . ألارد . وجد هذان العالمان أن أحد أصناف الطباق يتأخر إزهاره جداً إذا زرع فى منطقة واشنجطن ، وينتج عن هذا التأخير ألا تنضج البذور ، وقد أجريا العديد من التجارب على زراعة هذا الصنف من الطباق تحت ظروف بيئية متعددة ، حتى تيسر لهما الاكتشاف الهام وهو أن طول اليوم وقصر الليل هو العامل الذى يمنع إزهار هذا النبات . ففى منطقة واشطنجن لا يصل طول النهار إلى الحد الذى يزهر عنده النبات (١٠ — ١٢ ساعة) إلا فى أواخر الصيف ، ويتعطل إزهار النبات – رغم نضجه — لأنه لم يتلق التأثير المنبه إلا فى وقت متأخر . واستطرد العالمان فى دراساتهما للتحقق من صحة ماوصلا إليه

من نتائج ، وتناولت دراستهما أنواعا متعددة من النبات ، ووجدا أن النباتات تقع فى ثلاث فئات : فئة اليوم القصير ، وفئة اليوم الطويل ، وفئة بين بين لاتـكاد تتأثر بطول النهار أو قصره . وقد فسرت ظاهرة التواقت الضوئى كثيراً من المسائل التى شغلت علماء النبات ، منها ما يشاهد من إزهار نباتات الصنف الواحد فى وقت واحد ولو اختلفت مواعيد زراعتها ، ومنها كذلك نمو بعض النباتات فيما بين خطوط عرض معينة دون الأخرى .

ومثال ذلك أن عشب الدمسيس ragweed يبدأ فى الإزهار عندما يكون طول النهار ١٤٫٥ ساعة ، ويكون ذلك فى منطقة وشنجطن حوالى منتصف يوليو ، فيزهر النبات وتتناثر حبوب اللقاح فى منتصف أغسطس ، ومازال فى الصيف بقية تتيح للنبات أن تنضج بذوره وتنتثر قبل أن يأتى الصقيع. أما فى المناطق الشمالية فلا يصل طول النهار إلى حد ١٤٫٥ ساعة قبل أول أغسطس ،ووقتها يكون الإزهار متأخراً فلا تتاح الفرصة الـكافية لإنضاج الثمار والبذور قبل أن يدهمها الصقيع . فلو فرضنا أن الريح أو الطيور حملت بذور هذا العشب إلى هذه المناطق الشمالية فإن البذور قد تنبت ، ولـكن النبات لا يتـكاثر هناك . . أما النباتات التى تنمو فى الشمال فربما لا تزهر فى الجنوب حيث أيام الربيع والصيف قصار . ونضرب لذلك مثلا نبات الحيعالم sedum telephium

الذى يدخل فى طور الإزهار إذا كان طول النهار ١٦ ساعة أو أكثر . وهو يزهر فى بهاء جميل فى جنوبى منطقة فيرمونت ولا يزهر قط فى منطقة فرجينيا . وكثيراً ما لفت جمال أزهاره الحدائقيين فحاولوا إدخاله إلى حدائقهم فى مناطق بعيدة ، فلاحظوا أن النبات ينمو خضريا دون أن يزهر ، ويرجع ذلك إلى أن طول النهار لا يصل إلى المدى المطلوب ، وحساسية النبات لهذا العامل تعطل دخوله فى طور الإزهار . ومثل ذلك يقال عن أنواع قصب السكر البرى التى تزهر إذا بلغ طول فترة الظلام اليومية ١٠ — ١٢ ساعه ، ولا يتأتى ذلك فى الظروف الطبيعية إلا فى المناطق الحارة ، وهى مناطق وجود هذه الأنواع . أما الإسفناخ فلا يزهر أو ينتج البذور فى المناطق الحارة ، لأنه يحتاج إلى نهار طويل لا يقل عن ١٤ ساعة خلال أسبوعين على الأقل ، الأمر الذى لا يتحقق فى المناطق الحارة القريبة من خط الاستواء . ويمكن أن يقال هذا على نباتات أخرى كثيرة .

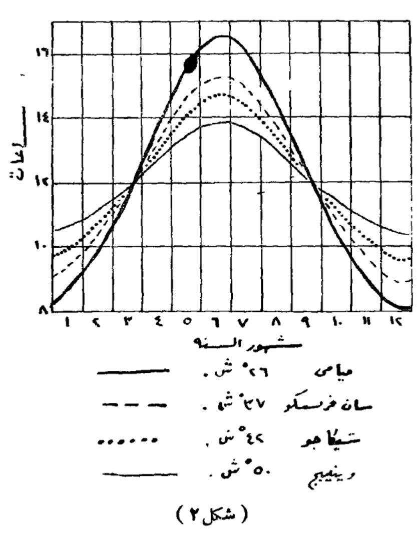
ولقد كان اكتشاف الدور الهام الذى تلعبه ظاهرة التواقت الضوئى المختلفة فى تحديد مناطق النباتات ذا نتائج هامة بالنسبة للزراعيين وأصبحت وزارة الزراعة الأمريكية تعنى بتحديد طول فترة التواقت الضوئى لكل نوع نباتى جديد يراد إدخاله إلى أمريكا . ونذكر على

سبيل المثال أن الأصناف المختلفة لفول الصويا والبصل تظهر حساسية شديدة للتواقت الضوئى ، فقد يجود محصول أحد هذه الأصناف فى منطقة لا تتجاوز ١٥٠ ميلا (٢٤٠ كيلومترا) بين خطى عرض معينين ولا تفلح زراعة هذا الصنف شمال هذه المنطقة أو جنوبها . ومعرفة الاحتياجات الضوئية تعين على استنباط أصناف وسلالات جديدة ، فإذا أراد مربى النبات أن يهجن بين صنفين لا يزهران فى وقت واحد فإن فى استطاعته ، بمعرفة احتياجاتها الضوئية ، أن يدفعها للإزهار فى وقت واحد بأن يعاملهما بالضوء الصناعى فى الصوبة ويتيسر له عندئذ أن يهجن بينهما . وقد نجحت هذه الوسيلة فى استنباط أصناف جديدة من المحاصيل ذات القيمة الاقتصادية العظيمة .

واستمرت الدراسة والبحوث عن ظاهرة التواقت الضوئى ، وتكشفت عن مزيد من النتائج المدهشة . فبعد أن عرف أن النوع المعين من النبات يحتاج ليدخل فى طور الإزهار إلى نهار له طول معين كان من المنتظر أن يتأثر هذا النبات فلا يزهر إذا أحيط بالظلام لفترة من النهار ، ففى ذلك اختصار لطول النهار . ولكن الغريب أن التجربة تكررت مراراً دون أن يتغير نظام الإزهار ، أما إذا تعرض النبات لضوء صناعى ولو لفترة قصيرة أثناء الليل فإن النتيجة تختلف أشد الاختلاف . ونذكر على سبيل المثال الداوديط chrysanthemum وهو من نباتات النهار القصير . فإذا تعرض هذا النبات فى غضون فصل

الأزهار لدقائق قليلة من الضوء الصناعى أثناء الليل ، فإنه لا يزهر . أما الغرديب pyrethrum وهو من نباتات النهار الطويل ، فإذا تعرض للضوء الصناعى خلال الليل الطويل فى غضون فصل النهار القصير الذى لا يزهر فيه عادة ، فإنه يزهر فى غير موسمه . وتثبت هذه التجارب أن العامل المحدد فى التواقت الضوئى هو طول الليل وليس طول النهار . ولذلك فالأفضل أن تقسم النباتات إلى أنواع طويلة الليل ، وأنواع قصيرة الليل بدلا من تسميتها أنواع قصيرة النهار وأنواع طويلة النهار . ولهذه المعارف أهمية اقتصادية ، ونضرب لذلك مثلا بنبات الدلفيط ، وهو من نباتات الزينة الشائعة ؛ إذ أصبح فى إمكان أصحاب حدائق الأزهار أن يؤخروا موسم إزهاره إلى ما بعد الخريف ، والوسيلة هى تعريض النباتات إلى دقائق من الضوء الصناعى عند منتصف الليل .

ويزيد على أهمية هذه النتائج ، مااستطرد عنها من أبحاث عن عملية الإزهار ذاتها . فقد أصبح من الواضح أن التفاعلات الكيميائية التى ترهص للإزهار تحدث ليلا ، وهى حساسة للضوء . وقد أظهرت التجارب أيضا أن هذه التفاعلات تحتاج إلى وجود ثانى أكسيد الكربون ، ويمكن الاستعاضة عنه برش محلول السكر على النبات ؛ وأن هذه التفاعلات تعتمد على نوع من الإشعاعات الضوئية ذات موجات



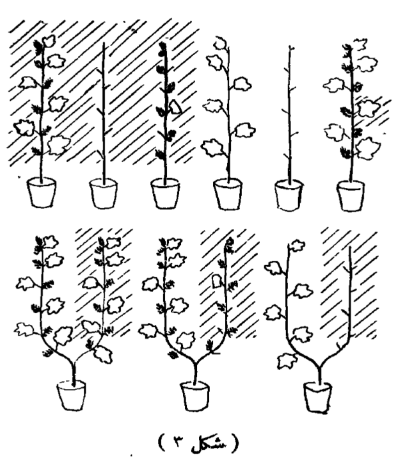
(شكل ٢)

رسم بيانى لطول النهار بالساعات فى شهور السنة ، فى أربع مناطق من أمريكا الشمالية . يحتاج إزهار الشبيط لفترة ظلام طولها ٩ ساعات أو أكثر ، أى لنهار طوله ١٥ ساعة أو أقل ولذلك فنموه الخضرى يستمر إلى ما بعد النضج ويتأخر ظهور البراعم الزهرية إلى ٣ أغسطس وهو موعد متأخر لأنه يعرض الأزهار للصقيع . أما فى ميامى فالنبات يزهر حالما يصل مرحلة النضج .

خاصة . ويدل هذا كله على أن الاستجابة للتواقت الضوئى مرتبطة بطريقة ما بعمليات التمثيل الضوئى ، ولو أنه يبدو أنها تعتمد على صبغ غير الكلوروفيل لاستقبال الضوء .

ونعود مرة أخرى للسؤال الهام : ما الأساس الكيميائى لعملية الإزهار ؟ افترض العالم الألمانى العظيم جوليوس فون ساكس منذ مائة سنة ، أن الأوراق تفرز مواد « صابغة الأزهار » تنتقل إلى القمم النامية حيث تتكون الأزهار . وقد ظهر أول إثبات تجريبى لهذا الافتراض عام ١٩٣٤ فى دراسات تمت فى جهات متفرقة من العالم . .
وقد تناولت بعض هذه الدراسات نبات طويل النهار هو الإسفناخ فعندما عرضت أوراق النبات لفترات ضوء طويلة بينما غطيت قمة الساق النامية فى غضون النهار لتكون معرضة لفترات ضوء قصيرة أزهر النبات كعادته كما لو قد تعرض جميعه لفترات الضوء الطويلة (النهار الطويل) . فإذا عكست المعاملة ، وعرضت القمم النامية لفترات ضوء طويلة ، وعرضت الأوراق لفترات ضوء قصيرة ، لم يزهر النبات كأنما عرض جميعه لفترات ضوء قصيرة . وقد تكررت هذه التجارب على نباتات مختلفة ، وقام بها باحثون مختلفون فى أنحاء العالم ، مما أثبت أن العامل المنبه للإزهار ينشأ فى الأوراق ، ثم ينتقل إلى الساق ومنه إلى القمم النامية حيث تتكون الأزهار .

وسرعان ما تجمعت نتائج الأبحاث وفيها المزيد من البراهين على صحة هذا الرأى . ومنها الأبحاث التى أجريت على نبات برى من جنس الشبيط cocklebur . وهو من نباتات النهار القصير ، ويعتبر من أصلح النباتات لتجارب أبحاث التواقت الضوئى . فللنبات حساسية تبلغ حد الاستجابة لفروق تقل عن ٣٠ دقيقة فى فترة الظلام . كما أن تعريضه مرة واحدة لفترة ظلام مدتها تسع ساعات يكفى لتنبيه النبات إلى الإزهار . أضف إلى ذلك أنه يحتمل الكثير من الإتلاف والتقطيع مما قد تقتضيه التجارب . وفى التجربة الأولى ، نزعت عن النبات أوراقه جميعا ، وعرضت الساق العارية لفترات تسع ساعات ظلاما ، ولم يزهر النبات . فلما ترك على الساق ورقة أو جزء لا يتجاوز ثمن الورقة ، أزهر النبات بعد تعرضه للمعاملة الضوئية المناسبة . ومضت التجارب على نباتات من هذا الشبيط ، لكل منها فرعان رئيسيان (نشئا بطريقة التطعيم) وأثبتت هذه التجارب أن العامل الذى ينبه الإزهار يمكن أن يسرى صاعدا فى الساق وهابطا فيه لينتقل من فرع إلى آخر ، بل قد أمكن إجراء قياس تقريبى لسرعة سريان هذا المنبه . وقد اهتم كثير من علماء النبات بهذه الدراسات فتابعوها مستعملين فى تجاربهم أنواعا متعددة من النباتات وأيدت نتائج كل هذه الدراسات وجود منبه للإزهار . ومن الطريف أنه أمكن تنبيه نبات للإزهار بتطعيم ساقه



(شكل ٣)

تجارب على نبات الشبيط . التظليل فى الرسم يعبر عن المعاملة الضوئية المناسبة . فى النباتات العليا أزهرت النباتات التى تعرضت لفترات الضوء المناسبة ويكفى وجود ورقة واحدة أو جزء من ورقة على النبات ليستجيب لدوافع الإزهار . أما إذا نزعت الأوراق جميعا فلا يزهر النبات . كما يبين الرسم فى أقصى اليمين أن يكفى أن يتعرض جزء من النبات به ورقة واحدة للمعاملة الضوئية المناسبة ليزهر النبات . فى النباتات السفلى ذات الفرعين تبين التجربة أن العامل منشط الإزهار ينتقل من فرع إلى فرع .

بورقة واحدة من نبات مزهر أو بورقة سبق تعرضها للإضاءة المناسبة وثبت أيضا أن المادة المنبهة يمكن أن تسرى عبر عقد تطعيم متعددة . وظهر أن هذه المادة لا تختلف من نبات إلى آخر إنما يبدو أنها مادة واحدة عامة التأثير ، إذ أمكن تنبيه نبات للإزهار بتطعيم ساقه بورقة من نبات مزهر ينتمى إلى صنف أو نوع أو جنس أو عائلة مختلفة بل ظهر أن نباتا طفيليا ينمو على جذور البرسيم الأحمر يتلقى مادة التزهير من النبات العائل .

كيف يمكن أن يكون العامل المنبه للإزهار واحداً فى النباتات المختلفة التى يحتاج بعضها إلى نهار طويل والبعض الآخر إلى نهار قصير ؟ من الفروض المقترحة للإجابة على هذا السؤال أن تأثير المادة الفعالة يعتمد على مدى تركيزها ، فهى تنبه الإزهار إذا كانت فى كميات قليلة وتثبطه إذا كانت فى كميات عالية التركيز . ويقول أصحاب هذا الرأى إن النبات ينتج هذه المادة عندما يصل إلى درجة النضج اللازمة للإزهار ، ولكن هذه المادة لا تحتمل الضوء . ولتعليل ظاهرة نباتات النهار الطويل يقال إن المادة المنبهة تحتمى بطريقة ما من أثر ضوء النهار فلا يهبط تركيزها دون المعدل اللازم للتزهير . ومثل هذه النباتات تزهر حتى ولو تعرضت للضوء الدائم . والمادة تتجمع أثناء الليل ويزداد تركيزها فإذا طال الليل بلغ تركيزها الحد الذى يثبط الإزهار ، وهذا ما يحدث

فى شهور الليل الطويل ، فإذا تعرض النبات فى منتصف هذا الليل الطويل للضوء الصناعى تأثرت المادة المنبهة وقل تركيزها إلى الحد الذى ينشط الإزهار . أما فى تعليل ظاهرة النهار القصير ، فيقال إن المادة المنبهة للإزهار ليس لها ما يحميها من أثر النهار الضار . ولذلك فالنبات يحتاج إلى ليل طويل تتراكم فيه هذه المادة إلى درجة تكفى لتنبيه الإزهار وتنشيطه .

وقد تواترت الأدلة القاطعة على وجود مادة الهورمون المنشط للتزهير ، حتى اقترح تسميتها « الفلوريجين » (منتج الأزهار) . ولما كان لمثل هذه المادة الفعالة إمكانيات تطبيقية عظيمة . فقد بذلت جهود كثيرة لاستخلاصها ، دون أن يصادفها التوفيق بعد ومن الصعوبات التى تواجه استخلاص هذه المادة والتعرف عليها ، إننا نجهل الوسيلة المناسبة التى يلزم استعمالها لإدخال المادة إلى النبات لتنبيه الإزهار . ومن هنا يختلط الأمر ولا يتبين الباحث سبب فشله . أهو عدم العثور على المادة ذاتها أم هو الجهل بطريقة استعمالها لتنبيه الإزهار .

ويعتقد بعض الباحثين أن الهورمونات النباتية المعروفة هى نفسها منبهات التزهير ، وهم بذلك يثيرون الشكوك فى وجود مادة خاصة لتنشيط التزهير كالفلوريجين . ويقول هؤلاء العلماء إن الهورمونات تنظم التزهير كما تنظم النمو الخضرى . ونذكر فى هذا الصدد أن التجارب أظهرت أن نبات الشبيط إذا تعرض لفترات ضوء طويلة (وهى غير مناسبة للتزهير)

فإنه ينتج هورمون أندول حمض الخليك بكميات أكثر مما ينتجه عند تعرضه لفترات ضوء قصيرة . وقد يدل ذلك على أن مادة الأوكسين تثبط التزهير . فإن صح هذا الرأى فإن أى معاملة تقلل من أثر الأوكسين أو تتلفه تؤدى إلى تنشيط الإزهار ، وأى معاملة لزيادة كمية الأوكسين فى النبات تؤدى إلى تثبيط الإزهار . وهذا بالفعل ما أثبتته التجارب . فإذا عولجت نباتات الشبيط بالأشعة السينية أو ببعض الكيميائيات التى تتلف الأوكسين أو تذهب بتأثيرها ، فإن الأزهار يزداد عددها ؛ أما إذا عولجت النباتات بمادة الأوكسين فإن الأزهار تقل . وقد تمكن بعض الباحثين من منع التزهير فى نبات الشبيط بمعاملة بمادة أندول حمض الخليك. كما أمكن تأخير التزهير فى بعض النباتات بمعالجتها بهرمونات أخرى . وقد تواترت الدلائل على أن النباتات تنتج بعض المواد التى تضاد الأوكسين فى تأثيرها مما يدل - بطريق غير مباشر - على أن تنظيم عملية التزهير يعتمد على التوازن بين الأوكسينات ومضاداتها فى النباتات . والواقع أننا لم نزل بعيدين عن إدراك كنه الأسباب الغامضة للتزهير . وما زلنا فى حاجة إلى المزيد من البحوث لتحديد المواد التى تدخل فى عملية التزهير ، وكيف يتم تكوين هذه المواد فى النبات وكيف تتفاعل .

على أن نتائج البحوث التى تمت تتيح لنا من المعارف ما يمكننا من التحكم بالطرق الكيمياوية فى إزهار بعض النباتات . من ذلك نبات الأناناس ، إذ كان من أسباب ارتفاع تكاليف هذا المحصول أن النباتات

لاتزهر بانتظام مما يلزم الزارع أن يعود إلى الحقل مرارا ليجمع ماينضج تباعا من الثمار . وقد تغير ذلك الآن بعد اكتشاف مواد عديدة لهـا القدرة على التحكم فى إزهار نباتات الأنناس ، منها الأسيتيلين ونافثالين حمض الخليك . فإذا عومل الحقل بمثل هذه المواد أزهرت النباتات جميعا فى انتظام رائع بعد فترة تتراوح بين ستة وثمانية أسابيع . ونتيجة لذلك تنضج الثمار فى وقت واحد ، ويمكن جمعها بالطرق الآلية الحديثة .. والطريقة المتبعة عادة هى رش النباتات بمادة نافثالين حمض الخليك . ولكن لهذه المعاملة ضررا هو أنها تؤدى إلى ضعف السوق حاملة الثمار مما يعرضها للتهاوى ، ويمكن إصلاح هذا الضرر برش النباتات فى الوقت المناسب بمادة ب ـ نافثوكسى الخليك . ويقول أحد الباحثين فى هذا الميدان ، إن أصحاب مزارع الأنناس ما زالوا يطلبون المزيد كأنما يريدون أن تنضج الثمار لتناسب مقاس علب الحفظ .

ومن الآمال التى يعقدها أصحاب المزارع فى هاواى على المعاملات الكيمياوية ، إمكان التوسع فى إنتاج ثمار جوز الليتش ، وهى من ألذ الفواكه الإستوائية ، فأشجار الليتش تنمو فى هاواى دون أن يزهر منها إلا القليل حتى لا يكاد يثمر غير ٤ ٪ من الأشجار . وتدل التجارب على أن رش الأشجار بمادة نافثالين حمض الخليك فى أواخر سبتمبر يزيد نسبة الأشجار المثمرة إلى ٨٨ ٪ . وتطبيق نتائج هذه التجارب قد يتيح لجزر هاواى مصدرا جديدا من مصادر الثروة .

وأجريت تجارب على بعض محاصيل الخضر والحبوب . ومن النباتات التى استجابت لهذه المعاملات نباتا الخس والكرفس . وتزرع هذه النباتات لحصول أوراقها الخضراء دون الأزهار والثمار . ولذلك فالمطلوب هو منع تزهير هذه النباتات لأن التزهير والإثمار يقلل من قيمتها فى السوق وقد نجحت التجارب فى حل هذه المشاكل . فأمكن تأخير إزهار نبات الخس بمعاملة البذور النابتة بالبرودة وببعض الكيميائيات . أما الكرفس فقد تم اكتشاف ماده تؤخر إزهاره . ومادة أخرى تعجله . فإذا كانت زراعته لإنتاج محصول ورقى مما يصلح للمائدة استعملت المادة الأولى . أما إذا كانت زراعته لإنتاج البذور استعملت المادة الثانية . والطباق كذلك من النباتات التى يستحب منع تزهيرها ، وتبشر التجارب خيرا فى هذا الصدد .

وربما كانت الذرة من أهم النباتات التى تجرى عليها مثل هذه التجارب ، فالمعروف أن الذرة هى أهم المحاصيل الأمريكية . وقد استهدفت التجارب غرضين : الأول تنظيم مواعيد الإزهار بحيث يمكن التهجين بين أصناف متعينة لا تزهر عادة فى نفس الوقت ، والثانى هو استنباط مواد كيمياوية لعقيم سنابل الأزهار المذكرة إذ أن إنتاج الذرة الهجين يقتضى تعقيم الأزهار المذكرة حتى لا يلقح النبات نفسه فينتج حبوبا من صنفه ، فالمقصود هو إنتاج هجين من التلقيح الخلطى بين

أصناف مختلفة وأن تكون حبوب اللقاح من نباتات منتخبة والطريقة المتبعة حالياً هي « تطويش » النباتات ، أى تقطيع السنابل الذكرية باليد . وهى عملية كثيرة النفقة . والتعقيم بالمواد الكيميائيه سيكون أيسر وأقل نفقة . وتبشر التجارب بالنجاح ، فرش النباتات بمادة ٢ و ٤ ـ د الذائعة الصيت ، يؤخر الإزهار دون الإضرار بالكيزان . كما يمكن تعقيم السنابل الذكرية باستعمال مادة ماليك هيدرازيد المثبطة للنمو .

وعلى العموم ، تبشر نتائج التحكم الكيميائى فى التزهير بالخير . وقد كانت النتائج فى بعض الحالات باهرة حقا ، والمستقبل يبدو أكثر إشراقا . وعندما يتم إدراك وفهم ظاهرة الإزهار فإن التقدم فى هذا المضمار سيكون أسرع وربما يكون فى الإمكان تزهير بعض النباتات التى يندر إزهارها .

الفصل الثالث

تساقط الأوراق

إن تساقط الأوراق الصفراء والجافة يعنى قدوم فصل الخريف . ولكن تساقط الأوراق لا يقتصر على هذا الفصل ، وإنما يستمر فى المناطق المعتدلة خلال فصل الصيف . وأما فى المناطق الحارة فيستمر تساقط الأوراق قليلا قليلا ، خلال العام كله . والنباتات تسقط عنها أجزاء أخرى غير الأوراق ، كبعض الثمار ، والأزهار وغيرها من الأعضاء التى ينخر فيها القدم . وهى ميزة تغبط عليها النباتات ، لأن الحيوانات محرومة من تجديد ما يشيخ من أعضائها وأطرافها ، ولو كان للإنسان مثل هذه القدرة لما احتاج الرسام العظيم رينوار أن يربط فرشاه إلى يده المرتعشة من أثر الشيخوخة ليرسم الصور التى يبدعها ذهنه الشاب .

وما برح علماء النبات خلال قرن من الزمان ، يستكشفون أسس ظاهرة تساقط الأوراق . ولعل ما لفت الأنظار فى مستهل هذه

الدراسات وجود طبقة خاصة من الخلايا قرب قاعدة الورقة تنفصل عندها الورقة ، وسميت هذه الطبقة بحلقة الانفصال . ولكن سرعان ما ظهر أن حلقة الانفصال لا تعلل سقوط الأوراق ، فالكثير منها يسقط دون أن تكون فيه هذه الحلقة ، بينما يتم الانفصال بعيداً عنها فى كثير من النباتات التى توجد فيها .

ومهما يكن التعليل الفسيولوجى لتساقط الأوراق ، فالواقع أنه أسرع وأوضح فى الخريف عند ما يقصر النهار . وقد أثبتت ذلك تجارب دلت على أن إطالة النهار بالضوء الصناعى يحفظ على الأشجار أوراقها لمدة أطول . ولكن الدراسات أظهرت أن هناك عوامل أخرى يتأثر بها تساقط الأوراق . ومن أهم ما يذكر فى هذا الصدد تجارب أجريت منذ حوالى ١٠٠ سنة ، أظهرت أن فصل نصل الورقة أو تمزيقه يفضى إلى سقوط عنق الورقة . وقد أعيدت هذه التجارب حديثاً على نطاق واسع . ولكنا نذكر قبل أن نستطرد فى وصف هذه التجارب أنها لم تتناول الأشجار الضخمة التى لا تصلح كمادة للتجارب لارتفاعها وصعوبة تسلقها على الباحثين . لذلك يجرى الفسيولوجيون عادة تجاربهم على النباتات التى يمكن زراعتها فى الصوبات الزجاجية . ومثلهم فى ذلك كمثل علماء بيولوجيا الحيوان ، فلا تتناول تجاربهم الفيلة الضخمة ، إنما تتناول الفيران وأمثالها . وأغلب التجارب التى أجريت

لدراسة تساقط الأوراق كانت على نبات النجدة coleus والمشاهد أن هذا النبات يحفظ على ساقه ، عندما يزرع فى الصوبات الزجاجية ، عدداً يكاد يكون ثابتاً من الأوراق . ففى كل سبعة أو عشرة أيام يسقط أكبر زوج من الأوراق سناً (الزوج السفلى) بينما تتفتح قمة الساق عن زوج جديد من الأوراق . ولهذا النبات مزية أخرى هى سهولة تكاثره بالعقل حتى ليمكن تربية عدد كبير من النباتات المتجانسة من ناحية التركيب الوراثى وذلك باستنباتها من عقل نبات واحد . وقد أجرى مؤلف هذا الفصل تجربة على ٣٠٠٠ نبات يرجع أصلها إلى نبات واحد . وبهذا التجانس الوراثى التام فى النباتات يسهل إختبار تأثير كافة المعاملات بالاعتماد على عدد محدود من النباتات فى كل عينة .

للورقة جزءان رئيسيان : النصل والعنق وقد سبقت الإشارة إلى أن فصل النصل يتبعه سقوط العنق عن الساق . وعلى سبيل المثال نذكر أن الورقة الصغيرة من نبات النجدة تسقط طبيعياً بعد مضى ٣٥ أو ٤٠ يوماً . ولكن مثل هذه الورقة تسقط فى مدى ٥ — ٦ أيام إذا فصل نصلها ، أما إذا ترك من النصل جزء ولو يسير ، فإن هذه الورقة لا تسقط قبل الأوان الطبيعى . ويدل ذلك على أن النذر اليسير من مادة معينة فى النصل يسبب بقاء الورقة ويمنع سقوطها . ولا يمكن والأمر كذلك أن تكون هذه المادة من المواد الغذائية كالسكر وغيره ، إنما هى على الأرجح من الهورمونات النباتية .

وسرعان ما أمكن التعرف على هذا الهورمون ، وظهر أنه الأوكسين .
وقد أوضح أحد العلماء الألمان أن معاملة الأوراق ، المنزوعة أنصالها بالهورمون ، تساعد على استمرار نموها ، وكذلك تطيل بقاءها على الساق أى يتأخر سقوطها ، وقد ثبت فيما بعد أن أوراق نبات النجدة تنتج كميات كبيرة من مادة الأوكسين ، وأن هناك علاقة إيجابية بين كمية ما ينتج من هذه المادة فى النصل ومدة بقاء الورقة . وأسرع الأوراق نمواً أكبرها إنتاجاً لمادة الأوكسين . ويبلغ الإنتاج ذروته عندما يكون طول الورقة بين ٦٠ و ١٠٠ مليمتر ، أما الأوراق كبيرة السن فتنتج قليلا من الأوكسين أو لا تنتج منها شيئاً وتتابعت التجارب التى استعمل فى إجرائها الأوكسين المركب صناعياً وجاءت بنفس النتائج السابقة .
وخلاصة القول إن الأوكسين يتكون فى نصل الورقة ويسرى إلى العنق فيمنع سقوط الورقة حسب درجة تركيزه . وقد أيدت ذلك تجارب أجريت على أوراق وعلى ثمار نباتات عديدة ، حتى لقد أصبح رش أشجار التفاح بمادة الأوكسين من المعاملات الزراعية العادية لمنع سقوط الثمار قبل نضجها . وقد اتسمت نتائج هذه التجارب بالوضوح ، بل الوضوح الزائد . وكثيراً ما يتضح أن التعليلات المبسطة للظواهر الطبيعية إنما ترجع إلى بساطة تفكيرنا وليس إلى بساطة الظاهرة الطبيعية .

ومما يلفت النظر أن كل ورقة تبدو كوحدة مستقلة ، يعتمد بقاؤها

أو سقوطها على كمية الأوكسين التى تسرى من نصلها إلى العنق . ولكننا نعلم أن تطور جزء من النبات يتأثر تثبيطاً أو تنشيطاً بالمؤثرات النابعة من الأجزاء الأخرى . ولذلك يساورنا الشك فى النظرية القائلة إن عملية سقوط الورقة الواحدة مستقلة عما يحدث فى باقى أجزاء النبات . أضف إلى ذلك أن التجارب التى اعتمدت عليها هذه النظرية ، تناولت الظروف والأسباب التى تمنع الورقة من السقوط دون أن توضح الظروفُ التى تسبب سقوط الورقة . وبهذه الشكوك التى ساورت مؤلف هذا الفصل ، عكف على تجارب مستفيضة ليختبر تأثير الأجزاء المختلفة من النبات . وقد تضمن ذلك محاولات عديدة وتصنيفات مختلفة للأوراق التى تنزع أنصالها . وأوراق نبات النجدة تنتظم فى أزواج متقابلة ، أى أن الساق يحمل عند كل عقدة ورقتين متقابلتين ، ويتعاكس وضع الورقتين عند العقدة مع ورقتى العقدة التى تليها والعقدة التى تسبقها . وقد جرت التجارب عادة على قطع نصل إحدى الورقتين المتقابلتين وملاحظة ما يجرى عليها مع ترك الورقة الشقيقة للمقارنة . ولو كان سقوط الورقة يعود إلى ظروفها الذاتية المستقلة عما دونها من الأوراق لتوقعنا ألا يكون لاختلاف نظام تقطيع الأنصال أو عدد الأوراق المنزوعة انصالها ، أثر على تساقط الأوراق الباقية . ولكن التجارب أظهرت أن هناك علاقات تأثرية ، فإذا قطعت أنصال

الأوراق جميعاً عدا أوراق برعم القمة ، فإن سقوط الأعناق يتأخر . أما إذا بقي عدد من الأوراق الكاملة على الساق فإن ذلك يسرع بسقوط الأعناق المنزوعة أنصالها ، بل وبسقوط الأوراق المسنة التي لم تنزع أنصالها . أما إذا نزعت أنصال الأوراق النامية فإن الأوراق المسنة تبقى على الساق لمدة أطول من المعتاد ، ومن هذه التجارب يبدو أن الأنصال تنتج بالإضافة إلى الأوكسين الذى يمنع سقوط الأوراق مادة أخرى تعجل من سقوطها . فما هي هذه المادة ؟ إنها على الأرجح الإيثيلين ، فالمعروف أن هذا الغاز يسبب سقوط الأوراق ، كما ظهر حديثاً أنه يوجد طبيعياً في أنسجة النبات ، وينطلق من الثمار أثناء نضجها ومن بعض الأوراق . ولكن تجاربنا الكثيرة لم تثبت أن الإيثيلين المنبعث من الأوراق يعجل من سقوطها .

ولا يبدو أن المراجع والمقالات العلمية المنشورة تحوى ما يوضح غوامض هذا الأمر . لذلك عاود مؤلف هذا الفصل فحص الموضوع بتجاربه الخاصة . ولاحظ أنه أغفل الأوراق الصغيرة التي يشتمل عليها البرعم القمي . وأن كل المعاملات التي عجلت بسقوط الأوراق السفلى عن الساق ، قد عجلت أيضا نمو هذه الأوراق القمية . وظهرت العلاقة بين هذا النمو وموعد سقوط الأعناق المنزوعة أنصالها . تسقط هذه الأعناق عندما يصل طول الورقة النامية إلى حوالى ٧٠

أو ٨٠ مليمتراً . والسؤال الذى يراودنا : ما هى الأهمية الخاصة لهذا الطول المعين فى الأوراق القمية ؟

والإجابة على ذلك أن إنتاج الأوكسين يبلغ ذروته فى الورقة عندما تصل إلى هذا الحجم . ويبدو أن السبب الرئيسى للتعجيل بسقوط الأوراق منزوعة الأنصال هو إنتاج الأوكسين فى الأوراق القمية النامية. أضف إلى ذلك أن وجود بعض الأوراق الكاملة على الأجزاء السفلى للساق يعجل من سقوط الأوراق بطريق غير مباشر، وذلك لأن وجودها يعجل نمو الأوراق القمية، ولإثبات ذلك أجريت التجربة التالية : عوملت نباتات كثيرة بفصل أنصال أوراقها العليا الصغيرة دون السفلى ، فظهر — كما شوهد فى تجارب سابقة — أن وجود الأوراق السفلى الكبيرة السن عجل من تساقط أعناق الأوراق العليا التى نزعت أنصالها ويحدث هذا طالما بقى البرعم القمى أما إذا أعيدت التجربة مع قطع هذا البرعم فإن سقوط الأعناق يتم ببطء . فإذا وضع مكان البرعم القمى المقطوع قدر من مادة الأوكسين المركبة صناعياً ، تساقطت أعناق الأوراق بسرعة كما لو كان البرعم القمى فى موضعه . وبذلك تأكد ما سبق حدسه وهو أن أوكسين البرعم القمى يعجل من تساقط الأوراق التى نزعت أنصالها .

ولقد أوضحت التجارب الكثيرة التى لا يتسع المجال لذكرها ، أن

سقوط الأوراق يتأثر بحالة التوازن فى الأوكسين . فهو يعجل سقوط الأوراق ، وهو أيضاً يبطىء هذا السقوط . فطالما أنتجت الورقة فى نصلها قدراً من الأوكسين يكفى للتغلب على أثر الأوكسين الهابط من الأوراق الصغيرة من أعلا الساق ، بقيت الورقة . أما إذا انخفض إنتاج الأوكسين فى الورقة عن الحد الحرج (نتيجة لكبر السن ، أوأثر الظل ، أو هجوم الحشرات ، أو فصل النصل) فإن الأوكسين الهابط من الأوراق صغيرة السن النامية يسبب سقوط هذه الأوراق السفلى . أى أن الأوراق الهرمة غير المتماسكة تسقط بتأثير الأوكسين الذى تنتجه الأوراق الشابة النشطة .

ولعل ما يثير العجب أن يكون للهورمون الواحد القدرة على تعجيل سقوط الأوراق وعلى إبطائه . ويبدو أن التأثيرين المتضادين مرتبطان باتجاه سريان الهورمون . وليس لنا إلا أن ندهش لهذا الاقتصاد الطبيعى إذ جعل فى النبات مادة واحدة تقوم بأعمال وتأثيرات متعددة .

ولنترك نبات النجدة والتجارب عليه ، ونتناول الأشجار التى نعلم عنها القليل فى هذا الصدد ، لأن التجارب الشاملة لم تتناولها بالبحث والدراسة . ومن المشكوك فيه أن التجارب ستتناول الأشجار الضخمة فى المستقبل . فلإجراء التجارب على ٣٠٠٠ شجرة من نوع واحد ومتجانسة من ناحية التكوين الوراثى ، على نحو ما أمكن فى تجارب نبات النجدة ،

يلزم زراعة حوالى ١٠٠٠٠ شجرة ليتسنى انتقاء العدد المطلوب من بينها .
على أن هناك من الأسباب ما يبرر اعتقادنا بأن ظاهرة التوازن بين الأوكسين التى تعلل سقوط الأوراق فى نبات النجدة ، يمكن أن تعلل أيضاً تساقط أوراق الأشجار . فزيادة طول النهار بالضوء الصناعى ، تزيد كمية الأوكسين التى تنتجها أنصال الأوراق . والنمو السريع للفروع والأوراق فى فصل الربيع يصاحبه ازدياد فى إنتاج الأوكسين فى ذلك الفرع النامى ، ويبدو أن ذلك يعجل من تساقط الأوراق المسنة عن الفروع القديمة .

ولم تتوافر لدينا الأدلة بعد على أثر الأوكسين فى سقوط الأوراق فى فصل الخريف . وحتى تتوافر هذه الأدلة ، فإننا سنفترض أن الكائنات تتشابه فى نشاطها البيولوجى إلى أن يثبت لدينا عكس ذلك . وبناء على هذه القاعدة ، التى كثيراً ما يركن إليها علماء البيولوجيا ، فإننا نقول إن أوراق الأشجار ، شأنها فى ذلك شأن أوراق نبات النجدة ، تبقى على سوقها إلى أن يقل إنتاج مادة الأوكسين فيها عما تنتجه الأوراق الأخرى ، فتتساقط .

الفصل الرابع

هورمونات جديدة

تم فى عام ١٩٢٦ اكتشاف المادة منشطة النمو التى تنشأ فى القمة النامية للساق ، وتسرى إلى أسفل . وتشعبت منذ ذلك الحين دراسات هذه المواد التى سميت الهورمونات النباتية أو الأوكسينات ، وظهر أن لها أثر فعال على نمو الساق والجذر والبراعم ، وعلى تكوين الثمار وسقوط الأوراق والثمار ، وأصبحت الأوكسينات أدوات فعالة فى عالم الزراعة ، تؤدى الكثير من الأغراض من تنشيط عقل التكاثر الخضرى ، إلى تطهير الحقول من الأعشاب ، وغير ذلك مما تناولته الفصول السابقة .

وفى عام ١٩٥٦ ، أى بعد ثلاثين سنة من الاكتشاف الأول ، عقد فى مدينة ستورز الأمريكية مؤتمر علمى لدراسة موضوع « منظمات النمو من غير الأوكسينات» وكان ذلك إيذانا بمرحلة جديدة فى دراسات النمو . ولا شك أن هـذه المجموعة الجديدة من المواد الفعالة سيكون لها

أثر هام على حياتنا جميعا ، ليس فقط فى فصول الدراسة ، بل كذلك فى المزارع وعلى موائد الطعام . وسيتناول هذا الفصل عرضاً مختصرا لمداولات هذا المؤتمر العلمى الهام الذى ناقش دراسات وبحوثا جرت فى الولايات المتحدة ، وإنجلترا واليابان .

والمجموعة الأولى من هذه المواد سميت « مواد لبن جوز الهند » . المعروف أن نمو البادرات الجديدة لأغلب أنواع النبات يعتمد على الغذاء المختزن فى البذور ، أما فى جوز الهند ، فإن هذا الغذاء يوجد فى لبن الثمرة . وعندما تنبت جوزة الهند فإن الورقة الجنينية (الفلقة) التى تحتويها الصدفة الخشبية المعروفة ، تتغذى على اللبن وتنمو سريعاً نتيجة لانقسام الخلايا حتى تملأ فراغ الجوزة . وظهر أن هـذا اللبن ينشط نمو أجنة نبات الداتورة وهو من نباتات العائلة الباذنجانية . وتوالت مجموعة من العلماء فى جامعة كورنل الأمريكية دراسة ابن جوز الهند ومحاولة التعرف على المواد الفعالة التى يحويها .

وكان أول ما أظهرته هذه الدراسات أن إضافة لبن جوز الهند إلى مزارع أنسجة جذور الجزر تحدث تنشيطا بالغاً لنمو الخلايا وسرعة انقسامها ، حتى أصبح هذا الاختبار وسيلة لتحديد مدى فاعلية المواد المختلفة فى لبن جوز الهند . وقد استلزمت عملية التعرف على هذه المواد بذل جهود شاقة ووقتا طويلا ، ومن ٦٦٠ جالونا من ابن جوز الهند

أمكن استخراج حوالى ٢٦ رطلا من شراب غليظ القوام غامق اللون . ومن هذا الشراب أمكن فصل عدد من المواد أغلبها من الأحماض الأمينية وغيرها من المواد الغذائية ، كما أمكن فصل أربع مواد منشطة للنمو ، وظهر أن إحدى هذه المواد هي ثانى فينيل البولينا ، والمعروف عن البولينا أنها من المركبات الحيوانية ، ولذلك فهذه المادة الجديدة تعتبر الأولى من مركبات البولينا التى يثبت وجودها فى النبات ، واتضح أيضاً أن المواد المختلفة التى تقابل هذه المادة النباتية الجديدة لها القدرة على قتل الحشائش .

كما أظهرت الدراسات أن المواد الفعاله فى لبن جوز الهند تتفاعل بشكل واضح مع غيرها من المواد . وعلى سبيل المثال نذكر أن نشاطها يزداد بشكل ملحوظ إذا أضيف إليها شيء من الأحماض الأمينية المستخلصة من بروتين كازين اللبن ، ويقل نشاطها إذا أضيفت إليها مواد أخرى منها مستخلص درنات البطاطس . على أن أنسجة البطاطس يمكن أن تنمو إذا وضعت فى محلول بسيط يضاف إليه لبن جوز الهند مع قليل من قاتل الأعشاب ٢و٤ — د . والفكرة المقترحة لتعليل ذلك هى أن النمو الطبيعى للنبات يمثل توازنا بين المنشطات (مثل المواد الفعالة فى لبن جوز الهند) والمثبطات (مثل بعض المواد فى درنات البطاطس) . وكلما اقترب النبات من مرحلة النضج تجمعت

المواد مثبطة النمو مما يبطىء انقسام الخلايا تدريجياً حتى تتوقف . وربما كان النمو الورمى غير المنتظم فى النباتات (وربما فى الحيوان) نتيجة لاختلال هذا التوازن بين المنشطات والمثبطات .

وبالاعتماد على اختبار مزرعة أنسجة جذور الجزر ، أمكن التعرف على عدد من المواد منشطة النمو مستخرجة من نباتات أخرى غير جوز الهند ، منها ثمار الموز الفجة وثمار شجرة المعبد والجوز والقسطنة الهندى وحبوب الذرة غير الناضجة ، وكذلك من بعض الأورام النباتية .

أما المجموعة الثانية من هذه المواد ، فهى مجموعة مواد اللكتونات غير المشبعة ، وهى مواد نباتية سبق التعرف عليها وعلى تركيبها الكيميائى دون التنبه إلى أهميتها كمواد منظمة للنمو ، وهى فى الغالب مثبطة للنمو ، ولتأثيرها على الجذور أهمية خاصة ؛ إذ ظهر أن بعض اللكتونات ومشتقاتها تزداد فى بعض الجذور كلما قلت سرعة نموها . وقد أصبح موضوع العلاقة بين اللاكتونات غير المشبعة وتثبيط نمو الخلايا من الأمور التى تثير الاهتمام العلمى . وتبين أن هذه اللاكتورنات تؤثر على نشاط بعض الأنزيمات ، ولما كان نشاط الأنزيمات مما يدخل فى أوجه متعددة للنمو فبالتالى يكون لمواد اللاكتونات أثر على مراحل وأوجه متعددة للنمو . وتدل الظواهر على صحة هذا الاستنتاج ، وبرجوعنا إلى الفكرة القائلة بأن النمو هو توازن بين المثبطات والمنشطات نتساءل : هل المثبطات هى مواد اللاكتونات غير المشبعة ؟

ويبدو أن لهذه اللاكتونات أهمية فى علم البيئة النباتية . فبعض هذه المواد ، مثل الكومارين الذى يوجد فى بقلة الدبتركس وغيرها من النباتات ، معروفة بقدرتها على تثبيط إنبات البذور . ولكل عامل يمنع إنبات البذور أثر فعال فى بناء العشيرة النباتية . وقد ظهر أن بعض النباتات الصحراوية يمارس أنواعا من الحروب الكيميائية ضد غيرها كما سيتضح فى الفصل الذى يتناول حياة النبات فى الصحراء ، والفصل الذى يتناول كيمياء العلاقات الاجتماعية فى عالم النبات . ويمكن أن نذكر هنا أن بعض النباتات الصحراوية ينتج مواد كيميائية لها أثر سام على النباتات الأخرى . وثبت أن ثلاثا من هذه المواد لاكتونات غير مشبعة . ولذلك فدراسة هذه المواد قد تفتح آفاقا جديدة فى دراسة علم البيئة النباتية .

أما المجموعة الثالثة ، فالمادة الأساسية فيها هى مركب كيميائى اسمه كينيتين ، وهو من مشتقات الأدينين الذى يمثل إحدى اللبنات فى بناء الأحماض النووية ، تلك المواد الحيوية الهامة فى جميع الخلايا . وظهر أن مادة الكينيتين تنشط خلايا أنسجة نبات الطباق فتنقسم وهى محفوظة فى مزارع الأنسجة ، وهذا الانقسام لا يتم بدون وجود هذه المادة . وقد أمكن استخلاص مادة الكينيتين من منى سمك الرنجة وغيرها من الكائنات ، كما وجدت مادة ذات أثر مشابه فى مستخلص

الخميرة وغيرها من المنتجات النباتية . وأمكن تخليق مشتقات أخرى للأدينين لها أثر على تنشيط انقسام الخلايا . وأظهرت التجارب أن مادة الكينيتين ومشتقاته ، تؤثر على ساق نبات الطباق النامى فى محلول غذائى ، فيظهر عليه عدد زائد من البراعم ، كأن هناك تبادلا بين الأكسين والكينيتين ؛ فإضافة الأوكسين تزيد الجذور ، وإضافة الكينيتين تزيد البراعم . ومن صفات الكينيتين ومشتقاته أنها تزيد حجم أقراص من أوراق نبات الخس ، وتنشط إنبات بذوره . وأخيراً نذكر أن للكينيتين والأوكسين أثرا يشبه أثر بعض أنواع البكتريا ، فى إحداث التورمات النباتية . ولا شك أن الدراسات المستفيضة على الكينيتين ستنير الطريق لحل كثير من المسائل المتعلقة بنمو النبات سواء أكان طبيعياً أم غير طبيعى ، وربما أمكن تعليل اتخاذ النباتات المختلفة أشكالها المميزة .

أما المجموعة الرابعة فقد أثارت اهتماماً خاصاً فى هذا المؤتمر العلمى ، وهى المواد الجبريلينية . وأول ما يلاحظ أن هذه المواد كانت معروفة لدى علماء النبات اليابانيين منذ ١٩٢٦ أى قبل اكتشاف الأوكسينات ، ولكن ضعف التبادل العلمى بين الدول ، عطل التعرف على هذا الاكتشاف ، وعطل تبعاً لذلك التوسع فى دراسات هذه المواد فى المراكز العلمية الأخرى . لقد عرف اليابانيون فطرة تسمى الجبريلا تسبب

مرضاً لنبات الأرز يسمونه مرض « البادرة المجنونة » ، ذلك لأن هذا المرض يسبب استطالة بادرات الأرز على نحو شاذ . وقد ظهر أن مستخلص هذه الفطرة يسبب أعراضاً تشبه هذا المرض . وبعد ١٢ سنة من الجهود المتواصلة استطاع بعض رجال جامعة طوكيو أن يستخلصوا مادة فعالة سموها الجبريلين . ولم تبدأ دراسة هذه المادة الهامة فى الولايات المتحدة وفى بريطانيا إلا فى سنة ١٩٥٠ ، وزاد الاهتمام بها بشكل ملحوظ منذ ١٩٥٥ .

وقد تم عزل ثلاثة مركبات جبريلينية من مستخلص الفطرة ، وهى جميعاً أحماض ذات تركيب كيميائى معقد . ومن الطريف أن جزءاً من هذا التركيب هو اللاكتون ، حتى ليمكن اعتبار المواد الجبريلينية من مركبات مجموعة اللاكتون . وتناول علماء فسيولوجيا النبات دراسة صفات هذه المواد وأثرها على النمو باهتمام زائد . فتمت دراسة آثارها على مجموعة كبيرة من النباتات ، ووجد أن لها تأثيرات متعددة ، أهمها وأعمها استطالة ساق النبات ، وقد بلغ طول أشجار الموالح ستة أضعاف الطول العادى . وتناولت إحدى الدراسات ٤٢ نوعا تضمنت النجيليات والأشجار والبنجر والبقوليات وغيرها ، فاستجابت سوقها بالاستطالة فيما عدا ثلاثة أنواع شذت وهى الصنوبر الأبيض والبصل والدلبوث

وللمواد الجبريلينية أثر طريف على النباتات القزامى ، فهى تحول البسلة القصيرة إلى بسلة طويلة . وأمكن بها تحويل خمس من تسع سلالات قزمة من طفرات الذرة ، إلى نباتات ذات طول عادى ، وهو أمر لم تستطعه ١١ مادة أخرى من المواد منشطة النمو ، ومن بينها الأوكسين . فهل يدل هذا على أن نباتات البسلة والذرة العادية تنتج مادة الجبريلين أو مواد شبيهة بها ؟ هناك أسباب تدعو إلى تصديق ذلك، فقد أمكن التأثير عن الخمس طفرات القزامى للذرة لتصبح ذات أطوال عادية ، بمعاملتها بمستخلص بذور غير ناضجة لنباتات مختلفة .

وظهر أيضاً أن للمواد الجبريلينية أثراً على تنشيط الأزهار فى بعض النباتات . فبعض النباتات يزهر استجابة لبرد الشتاء ، وبعضها يزهر استجابة لاستطالة النهار فى الربيع ، بينما يزهر البعض الآخر استجابة لعاملى الحرارة وطول النهار . وقد أمكن حتى الآن — إزهار ٢٠ نوعا من أنواع النبات فى غير موسمها . وذلك بمعاملتها بالمواد الجبريلينية . والغريب أن النباتات التى تزهر استجابة لأيام الخريف قصيرة النهار لا تستجيب للمعاملة بالمواد الجبريلينية .

والواضح أن مستقبلا حافلا تفتح آفاقه هذه المواد الجديدة . فقد شغلت الأوكسينات العلماء والباحثين نيفا وثلاثين عاماً . أما الآن فأمام علماء فسيولوجيا النبات أربع مجموعات جديدة من مواد منظمة

للنمو تحتاج إلى المزيد من الدراسة والتقصى . وربما جاز اختصارها إلى مجموعتين رئيسيتين ؛ لأن مواد لبن جوز الهند قريبة الشبه فى تأثيرها بمواد الكينيتين ، والمواد الجبريلينية قريبة الشبه فى تركيبها الكيميائى باللاكتونات غير المشبعة .

ومما تجدر الإشارة إليه أن المواد المختلفة التى تحتويها كل من هذه المجموعات يختلف تأثيرها تبعاً للظروف . وهذه الاختلافات فى أثر المادة الواحدة تفتح أمام علماء الفسيولوجيا المجال لدراسات مستفيضة . فقد نجحوا حتى الآن فى إظهار التشابه بين العمليات الرئيسية فى الكائنات جميعاً كالتنفس مثلا . وقد آن الأوان لنسأل : كيف تختلف وتتميز الكائنات النباتية والحيوانية فى نشاطها الفسيولوجى ؟ لعل الإجابة الشافية على هذا السؤال ستنبع من نتائج دراسة المواد منظمة النمو . فالمواد التى تستخلص من جوز الهند تختلف عن المواد التى تستخلص القسطنة الهندى . ومن الأسئلة المثيرة والجديدة : فى أى النباتات الراقية توجد المركبات الجبريلينية ؟ وما كميتها وما عملها ؟ وخلاصة القول أنه أصبح الواجب مراجعة كافة الكتب التى تناولت موضوع نمو النبات على ضوء هذه الأبحاث الجديدة ، فيبقى بعض النتائج ويختفى بعضها ، وستظهر موضوعات جديدة رائعة . ولعل هذا الفهم الجديد لظواهر النمو الطبيعى يساعدنا على فهم النمو غير الطبيعى مثل السرطان .

الجزء الثانى

علم المناخ الزراعى

تأليف فريتس و . فنت

علم المناخ الزراعى

كثيرا ما تغرب عن أذهاننا فى مجتمعنا الصناعى حقيقة هامة ، وهى أن حياة الإنسان الحديث ماتزال تعتمد أساسا على الزراعة ، حتى ليصعب علينا أن ندرك المخاطر التى تهدد حياتنا وخاصة من ناحية إنتاج الغذاء الكافى لأعداد السكان المتزايدة . وقد تمكن الإنسان الحديث بالعمل الدائب والابتكارات الهائلة أن ينتج من الطعام ما يقابل الاحتياجات المتزايدة . وقد كان ابتكار نظام الزراعة الدائمة أهم ما توصل إليه الإنسان ؛ فقد اقتضى ذلك من قدامى الفلاحين أن يستنبطوا نباتات المحاصيل كالقمح والأرز وغيرها ،وأن يكتشفوا طرق الفلاحة كالحرث والبذر والرى والعزق ومقاومة الأمراض والآفات . وفى الزمن الحديث أصبحت الزراعة من الأعمال التكنولوجية الرائعة ، وأصبح فى قدرة العامل الواحد الزراعى بفضل الآلات ووسائل الإنتاج الحديثة — أن ينتج من الغذاء ما يكفى ١٧ شخصاً ، كما توصلت الأبحاث إلى إيجاد الوسائل الفعالة لمقاومة الأمراض والآفات ، ويسرت الطرق الحديثة

اصلاحه الأرض إنتاج محاصيل كبيرة من الحقل الواحد سنة بعد سنة كما منعت طرق النقل الحديثة أخطار قلة الغذاء فى منطقة ما ، وذلك بتيسير النقل السريع عبر القارات . وتتيح لنا طرق الحفظ الحديثة أغذية طازجة طول العام .

أما العامل الرئيسى الذى لم يخضع بعد لمشيئة الإنسان فهو المناخ ، فما تزال تهدد الزراعة فى بقاع الأرض موجات الجفاف أو الفيضانات أو الصقيع أو الزوابع أو عواصف البرد . بل لعل بعض الانحرافات اليسيرة فى العوامل المناخية قد تسبب الدمار للمحاصيل . ومثال ذلك يبدو واضحاً عند مراجعة أرقام إنتاج الطماطم فى الولايات المتحدة ، فإن إنتاج الفدان فى بعض الولايات يتغير تغييراً شديداً من عام إلى آخر . وهذا التغير قليل فى ولاية كاليفورنيا . كبير فى بعض الولايات الأخرى التى تتعرض لتقلبات جوية كبيرة . ولا شك أن السبب الرئيسى فى تغير الإنتاج من عام إلى عام هو تعرض الجو للتقلبات السنوية . ومثل ذلك يلاحظ فى المحاصيل الأخرى ، كالفول والبسلة وأنواع الفاكهة المختلفة . فما تلك العوامل المناخية التى تؤثر على المحصول وتدمره وهى بعد خفية يصعب التنبؤ بها ، ولا يتيسر إلا التعرف على آثارها ؟ من الواضح أنها تتعلق بكمية أشعة الشمس ، والحرارة والرطوبة الجوية .

وقد استمرت الدراسات التى أجراها مؤلف هذا الفصل على تأثير العوامل المناخية على الإنتاج النباتى حوالى عشر سنوات ، بدأت بدراسات على نمو الطماطم تحت ظروف تجريبية . ثم تم إعداد صوبتين زجاجيتين بهما أجهزة لتكييف الهواء ، أجريت فيهما تجربة لدراسة العلاقة بين النبات والرطوبة الجوية يستلزم درجات عالية للحرارة . فقد اختير نبات الطماطم لأنه محصول يجود فى الأجواء الدافئة . وبدأت التجربة بأن سوى بين درجة الحرارة فى الصوبتين الزجاجيتين (درجة الحرارة الموحدة ٧٩°ف . أى ٢٦° م) أما درجة الرطوبة فقد حفظت فى إحدى الصوبتين عند ٧٠ ٪ وفى الأخرى عند ٤٠ ٪ وأظهرت نتائج هذه التجربة أن لا فرق يذكر فى نمو نبات الطماطم فى درجتى الرطوبة ، وكان نمو النباتات فى الصوبتين سقيما ، واخضرار الأوراق باهتاً ، وكان نموها مغزليا قليلا ، وأسوأ من هذا كله لم تثمر النباتات ولم يتجاوز محصول مئات النباتات التى تناولتها التجربة ، أربع ثمرات .

وقد حار فى تعليل هذه النتيجة خبراء زراعة الطماطم ، ولم تثمر نصائحهم بتغيير المحاليل الغذائية . وكررت التجربة مع تعديل درجة الحرارة فى إحدى الصوبتين إلى ٦٤ °ف (١٨°م) . وسرعان ما استجابت النباتات وبدأت تظهر الثمار وتنصج . وكان ذلك مثار الدهشة حقا ؛ فالمعروف

أن محصول الطماطم يجود فى مناطق يزيد متوسط درجة الحرارة فيها على ٧٩° ف التى استعملت فى التجربة . وقد تبين بعد عدد من التجارب أن النبات يحتاج إلى درجة حرارية خلال اليوم . ويجود النمو إذا كانت درجة الحرارة أثناء الليل (أى أثناء فترة نمو النبات فى الظلام) حوالى ٦٤°ف . وأصبح جلياً أن الأمر يحتاج إلى المزيد من التجارب التفصيلية لدراسة العوامل المناخية المختلفة . وحصل مؤلف هذا الفصل على منحة مالية قدرها ٤٠٧٠٠ دولار تبعتها منحة تكميلية قدرها ٧٤٠٠٠ دولار لبناء مجموعة من الصوبات الزجاجية التى يمكن أن تتمثل فيها الظروف المناخية المختلفة ، وتم بناؤها وتجميعها فى بناء واحد سمى « مختبر النبات » phytotron وإليك وصفه :

يبدو المختبر من الخارج كبناء جميل له نوافذ واسعة . يجد الداخل إليه حجرات لتغيير الملابس ، فلا يسمح بالدخول قبل تغيير الملابس بغيرها مما أحسن تنظيفه وتعقيمه احتياطاً ضد نقل الحشرات والأمراض إلى داخل المختبر . وفى الداخل يجد الزائر هواء نقيا لا أثر فيه للحشرات أو التراب أو الغبار ، حتى إذا دلف الزائر إلى أحد الصوبات الزجاجية شعر بالانتقال إلى دنيا جديدة مليئة بالنباتات والأضواء المتألقة ، ويرجع هذا التألق إلى رذاذ الماء على السقف الزجاجى ، وفائدة هذا الرذاذ هى امتصاص الأشعة تحت الحمراء من ضوء الشمس . والهواء فى

الصوب طلق ولطيف ليس فيه الرطوبة المعتادة فى الصوبات العادية ، ويمر الهواء المكيف باستمرار عبر الصوب . فيدخل من فتحات فى الأرضية ويخرج من فتحات التهوية فى الجدران . ويتم التغيير الشامل للهواء مرتين فى الدقيقة ، وبذلك يذهب الهواء بأغلب حرارة الشمس ، ففى الظهيرة تمتص الصوبة كميات عظيمة من حرارة الشمس ، حتى لترتفع درجة حرارة الهواء سبع درجات فى أثناء نصف الدقيقة التى يمضيها الهواء فى الصوبة . ونظام التهوية لايسمح بركود الهواء فى أى جزء ، ويتيح تعريض كافة النباتات لظروف متشابهة من الحرارة ودرجة الرطوبة وأكثر الصوب دفئا تحفظ حرارته عند ٦٨°ف (٢٠° م) فى أثناء النهار طوال السنة . ولكن الزائر لايشعر بحرارة زائدة ، لأن شعورنا بالدفء أو البرودة لا يعتمد أساسا على درجة الحرارة الفعلية بل على درجة الإشعاع ، كما أن لدرجة الرطوبة الجوية أثر كبير فى إحساسنا بدرجات الحرارة ، ففى الهواء الجاف يشعر الإنسان بأن الحرارة أقل مما يشعر به فى الجو الرطب ، مع تساوى درجة الحرارة الفعلية فى الحالين . أضف إلى ذلك أن الهواء المتحرك يشعرنا بلطف الحرارة ، إذا قورن بالهواء الساكن .

ويوجد فى المختبر ٥٤ صوبة وهى عبارة عن حجرات مستقلة لتربية النبات . ومنها حجرات مظللة ، وحجرات تضاء صناعيا .

وتوضع النباتات على نضد تتحرك على عجلات ، مما ييسر نقلها إلى أية واحدة من ٤٥ بيئة مختلفة . ويمكن إعداد هذه الصوب بحيث يتمثل فيها النهار الدافىء أو مع الليل البارد ، وتتمثل فيها أطوال مختلفة للنهار ، كما يمكن تعريض النبات للمطر الصناعى والريح والغازات الخاصة . والعوامل المختلفة التى يمكننا التحكم فيها هى درجات الحرارة فى أثناء الليل والنهار ، وشدة الإضاءة وطول مدتها ونوع الضوء والرطوبة الجوية ، والريح والمطر وغازات الهواء . أما العوامل الأخرى فقد استبعد تغيراتها بالمحافظة عليها متشابهة . ولذلك فظروف التغذية والتربة واحدة ؛ إذ تزرع النباتات جميعا فى الورمقيليت أو الحصى أو خليط منها ، وتروى بمحلول غذائى معين يمر فى أنابيب توصله إلى كافة الصوب وحجرات التجارب . ويمكن طبعا تغيير تركيب المحلول الغذائى إذا استلزمت الدراسات الخاصة ذلك .

وتتناول التجارب فى هذا المختبر أنواعا عديدة من النبات تزرع فى الصوبة الواحدة ، ذلك لأن القصد هو اختبار استجابة النباتات المختلفة لظروف النمو المختلفة . وقد يجد الزائر فى الصوبة الواحدة نباتات الطماطم والبطاطس والبنفسج الأفريقى وأنواعا مختلفة من الأراشيد تختبر جميعا لمعرفة استجابتها لدرجة معينة من الحرارة . وفى صوبة أخرى قد توجد نباتات صحراوية مع نباتات البن والشعير والإسفناخ والقرنفل وعشرات

غيرها من أنواع النبات ، ولكل تجربة هدف خاص .

أما الحجرات التي تضاء صناعيا ، فيوجد منها ١٣ مجموعة يعمل على كل منها جهاز خاص لتكييف الهواء . وكل مجموعة تتكون من عدد من الحجرات تفصلها أبواب مزدلقة مما ييسر تربية النباتات في درجة حرارة واحدة ، ولكنها معرضة لمعاملات ضوئية مختلفة . وتوضع النباتات على مناضد يمكن تغيير ارتفاعها حتى يمكن خفض المنضدة كلما استطال النبات للمحافظة على المسافة بين مصدر الضوء والنبات . وتتحكم في الضوء ساعات آلية تحدد مدد الإضاءة ، كما يمكن نقل النباتات من حجرة إلى أخرى على هذه المناضد ذات العجلات . وتتراوح درجات الحرارة في هذه الحجرات ذات الإضاءة الصناعية بين ٣٨ و ٨٦° ف . (٣ و ٣٠°م) . وتتمثل في هذا المدى درجات الحرارة المناسبة لنمو نبات الجبال الباردة ونباتات المناطق الحارة . أما في الصوب الزجاجية ، فتتراوح درجات الحرارة أثناء النهار بين ٦٣ و ٨٦° ف . (١٧ و ٣٠°م) . وأثناء الليل بين ٥٣ و ٧٣° ف . (١٢ و ٢٣° م) وتخفض درجات الحرارة عادة في أثناء الليل لأن أغلب النباتات تحتاج إلى هذا التغيير لتعطى أحسن نمو .

والجزء الميكانيكي من المختبر بالغ حد التعقيد ؛ فهناك العديد من أجهزة تكييف الهواء وأنابيب التهوية وأنابيب المحاليل الغذائية ،

وأنابيب الماء الساخنة والماء العادى والماء البارد ، وأنابيب الهواء المضغوط ، كما توجد معامل وغرف للتصوير وغيرذلك ومن المشاكل الهامة تنقية الهواء الداخل إلى أجهزة التكييف قبل مروره إلى حجرات التجارب والصوب ، وتخليصه من الأتربة والغبار والحشرات والجراثيم وهى مهمة غيرسهلة ، وخاصة قرب مدينة صناعية يتلوث هواؤها ببخار الجزولين ونتاج عمليات الاحتراق والأكسدة . وفى المختبرجهاز لتنقية الهواء من كل ذلك ، له القدرة على تنقية كمية من الهواء وزنها طن فى الدقيقة الواحدة ، وبهذا الجهاز يتم إعداد هذا المختبر الكبير وتهيئة الظروف المناسبة للقيام بالتجارب .

لنتناول الآن بعض النتائج التى أسفرت عنها التجارب التىاستغرقت أكثرمن سبع سنوات فى هذا المختبر الكبير بقصد دراسات تأثرالنباتات بالظروف الجوية . وأول ما نذكر ، تأثر نبات الطماطم بتغير درجات حرارة النهار والليل على نحو ما ذكرنا فى أول هذا الفصل . وقد دلت التجارب العديدة على أن نجاح الإثمار فى معظم أصناف الطماطم يحتاج إلى درجة حرارة ليلية منخفضة . ويعلل هذا قلة محصول الطماطم فى المناطق الحارة حيث لا تنخفض درجات الحرارة الليلية إلى الحد المناسب للإثمار . ومحصول الطماطم لا يتعرض فى كاليفورنيا للتغيرات السنوية ، لأن درجات الحرارة فى ليالى الصيف تنتظم بما يتناسب مع

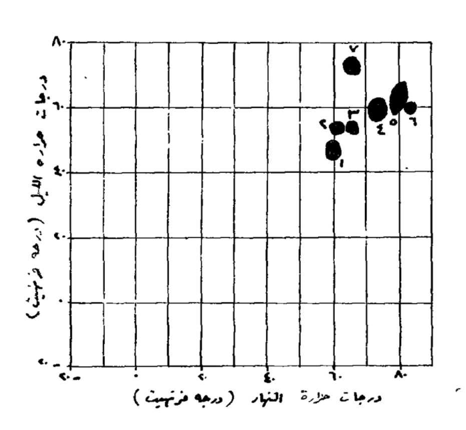
احتياجات النبات . أما فى المناطق الأخرى من الولايات المتحدة ، مثل الشرق والجنوب الغربى ، فإن المحصول يتأثر بالتغيرات الشديدة التى تطرأ على درجات الحرارة الليلية خلال الصيف : فى بعض السنين لا تكاد تتجاوز فترة الحرارة الليلية المناسبة الأسابيع القليلة ، وتكون نتيجة ذلك قلة المحصول . وتجرى الآن تجارب فى المختبر على بعض الأصناف الجديدة التى يبدو أنها أكثر احتمالا لتغيرات درجات الحرارة الليلية ، والنتائج المبدئية تبشر بالخير .

ويشبه نبات البطاطس ، نبات الطماطم ، فى استجابته لدرجات الحرارة الليلية ؛ فتنتج درنات البطاطس عندما تنخفض الحرارة الليلية . وأصلح درجات الحرارة لذلك تتراوح ما بين ٥٠ و ٥٧° ف . (١٠-١٤°م) وهى درجات تقل عشر درجات فرنهيتية عن أصلح الدرجات لإثمار الطماطم . وفى ذلك تعليل لنجاح زراعة البطاطس فى المناطق الشمالية . أما فى المناطق الدافئة فى كاليفورنيا ، فيصلح البطاطس فى الخريف والربيع ولا يصلح فى الصيف . وفى المناطق الحارة لا تجود زراعة البطاطس إلا على سفوح الجبال حيث تنخفض درجات الحرارة الليلية إلى المدى المناسب . ويبدو أن الجزء الخضرى للنبات يتأثر ، دون الأجزاء الأرضية باختلاف الحرارة . وأظهرت التجارب أن تغير حرارة الأرض ارتفاعا أو انخفاضا لا يؤثر كثيراً على تكوين الدرنات .

أما استجابة أصناف البنجر لدرجات الحرارة فهى أكثر تعقيداً . فأصناف الجو الدافئ يجود نموها عندما تنخفض درجات الحرارة الليلية إلى درجة ٦٨°ف . (٢٠°م) فتنمو عنها جذور درنية عظيمة ، ولكن محتوى السكر فيها قليل . ويبلغ إنتاج السكر أقصاه إذا تعرضت النباتات لدرجات حرارة ليلية أقل من ذلك بكثير مع خفض الغذاء النتروجينى نسبيا . ويدل على ذلك أن أفضل الظروف لإنتاج البنجر هى أن يبدأ النمو فى الصيف الدافئ تصاحبه تغذية نتروجينية تتيح للنبات نمواً خضريا مناسبا ، ويتبع ذلك خريف مشمس تنخفض فيه درجات الحرارة الليلية إلى ما يقرب من التجمد .

أما نباتات البسلة وبسلة الزهور فأغلب نموها فى أثناء النهار ، ولذا فحرارة الليل قليلة الأثر عليها . ويجود نموها عندما تبقى درجات حرارة النهار دون ٧٠° ف . (٢١°م .) . أما إذا ارتفعت إلى ٨٠أو٨٥°ف (٢٧ ، ٢٩ °م .) فالنباتات تذوى ثم تموت . ولذا فهذه النباتات تزرع فى المناطق الدافئة كمحصول شتوى .

وقد أجريت التجارب على نباتات عديدة أخرى ، وتم تحديد درجات الحرارة النهارية والليلية التى تناسب نموها . ويبين الرسم المرافق حدود درجات الحرارة المناسبة لنمو سبعة من النباتات التى تمت دراستها . ويلاحظ أن اختلاف درجات الحرارة عن الحد الملائم



١- زهر اللؤلؤ

٢- منثور

٣- اجيراتم

٤- أصطر صيني

٥- زينه

٦- ستوسيا

٧- بنفسج أفريقي

(شكل ٤)

رسم بيانى لدرجات الحرارة الليلية والنهارية المناسبة للنمو السليم لسبعة نباتات مختلفة . إذا استكمل هذا الرسم بخط يبين درجات الحرارة فى شهور السنة فى منطقة معينة ، أمكن الحكم على صلاحيتها لنمو النبات إذا تقابل الخط البيانى بالجزء المظلل من الرسم .

زيادة أو نقصانا ، يستتبع اضمحلالا فى النمو يبلغ فى غايته الموت . ونذكر على سبيل المثال أن نبات البنفسج الأفريقى يهزل حتى الموت إذا تعرض لمدة عدة أسابيع لدرجات الحرارة التى تعتبر ملائمة لنبات زهر اللؤلؤ ، والعكس صحيح إذ يموت النبات الأخير إذا تعرض لدرجات الحرارة الملائمة لنمو نبات البنفسج الأفريقى . فإذا استكمل الرسم البيانى الوارد فى الشكل المرافق ليشمل المحاصيل الهامة جميعا . وبمقابلته على رسم بيانى لدرجات الحرارة السائدة فى مكان ما ، يصبح فى الإمكان التعرف على أفضل المحاصيل المناسبة لهذا المكان وتحديد الموسم المناسب لنموها .

وتحتاج أغلب النباتات المعمرة التى تنمو فى المناطق البـاردة إلى دورة حرارية . فنبات السنبل Tulip لا يزهر فى مناخ لا يتغير خلال السنة ، لأن لـكل مرحلة من مراحل النمو درجة حرارة مثلى ؛ ففى المرحلة الأولى يلزم فترة تقل فيها درجة الحرارة عن ٥٠° ف . (١٠° م .) . وفى هذه الفترة يتهيأ نمو الساق الزهرية ، ومرحلة نمو هذه الساق تناسبها درجة ٦٣° ف . (١٧° م .) ، وأخيراً إذا أريد للنبات أن ينتج أوراقاً وأزهاراً جديدة فى الموسم التالى فإنه يحتاج إلى حرارة ٨٠° ف . (٢٧° م .) أما نبـات العيسلان Hyacinth فتناسبه درجات حرارة تزيد عشر درجات على ما يناسب السنبل . ونبات البصل يبدأ إزهاره عند درجات الحرارة المنخفضة ، ولـكن مراحل النمو

الأخرى تحتاج إلى جو أدفأ .

أما النباتات ثنائية موسم النمو (أى التى تحتاج إلى عامين لتمام النمو) مثل البنجر والجزر وأصبع العذراء Foxlgove ، فتمضى السنة الأولى فى تكوين أوراق متراكمة كباقة الورد وجذر وتدى متضخم يختزن المواد الغذائية ، وتكاد تظل ساكنة خلال الشتاء فى العام الثانى . حتى إذا جاء الربيع نبت من وسط باقة الأوراق ساق طويلة تحمل الزهر والثمر . وفترة الشتاء البارد ضرورية ، ولو زرع البنجر فى جو مستمر الدفء ، فإنه ينمو لمدة سنوات عديدة ويتضخم حجمه دون أن يزهر قط

وأغلب الأشجار التى تتساقط أوراقها فى الشتاء ، تحتاج إلى تتابع فصل الصيف الدافئ وفصل الشتاء البارد . فأشجار الخوخ والكمثرى لاتتفتح براعم أوراقها أو أزهارها فى الربيع مالم يسبق ذلك برد الشتاء . ولم تتيسر بعد دراسة البرودة اللازمة ، ولكن يبدو أن الأمر يحتاج إلى درجة حرارة دون الأربعين درجة فرنهيت (٤°م .) لعدة شهور . وتختلف الحاجة باختلاف نوع النبات وصنفه ؛ فأصناف الخوخ التى تزرع فى المناطق الباردة تحتاج إلى فصل بارد أطول مما تحتاج أصناف الخوخ التى تزرع فى المناطق الدافئه .

وتتأثر الأشجار التى تتساقط أوراقها بعاملين من عوامل المناخ :

الأول هو تغير درجات الحرارة ، والثاني هو تغير طول النهار . فأشجار الخوخ والكمثرى تستشعر مقدم الخريف كلما قصر طول النهار . وحينئذ تبدأ براعمها فى الكمون . ولو حفظت شجرة الخوخ فى ظروف من الإضاءة الصناعية تماثل النهار الطويل ، لاستمر نموها الخضرى دون أن تكمن براعمها . أما فى الظروف الطبيعية ، فإن تتابع فصل النهار الطويل وفصل النهار القصير ، وتتابع الفصل البارد والفصل الدافىء ، تنظم حياة شجرة الخوخ . على أن استجابة الشجرة لهذه الفصول المتتابعة لا تتسم بالبساطة ، فالنظام الطبيعى للشجرة يحتاج إلى فصلين باردين بينهما فصل دافئ : الفصل البارد الأول يلزم لتكوين البراعم الزهرية فى الصيف التالى ، أما الفصل البارد الثانى فيلزم لتهيئة هذه البراعم للإزهار .

أما النباتات الدائمة الخضرة التى تنمو فى المناخ الدافىء كشجيرات الكاميليا ، فإنها تتأثر أيضاً بالتغيرات الموسمية فى درجات الحرارة وطول النهار . وفى هذه النباتات تتكون البراعم الزهرية فى فصل الصيف الحار وتتفتح الأزهار فى الشتاء التالى . أما النمو الخضرى فيحتاج إلى النهار الطويل . وكثير من نبات المنطقة الإستوائية كالنخيل والتيل يكون أوراقا وأزهاراً طول العام . ولا يمكن زراعتها فى المناطق الباردة لعدم قدرتها على احتمال الصقيع . ولكن بعض الأشجار الاستوائية كالرنف

الأحمر Poinciana يستجيب لموسمية المناخ الذى يتضمن موسما مطيرا يعقبه موسم جاف .

ومن الواضح أن المناخ يؤثر على النباتات بتأثيره على التفاعلات الكيميائية فيه . ومعارفنا عن هذا الأمر قليلة ، ولكنا نشاهد قطعا تأثير العوامل المناخية على طعم الثمار وصفاتها الأخرى . وعلى سبيل المثال نذكر بعض المشاهدات على طعم ثمار الشليك ونكهته . فإذا زرع الشليك فى جو دافئ أو معتدل كانت الثمار حمراء حلوة ذات مذاق حمضى خفيف دون أن يكون لها نكهة الشليك الخاصة . ولكى يكون للثمار هذه النكهة الخاصة ، يلزم نضجها فى درجة حرارة حوالى ٥٠°ف . (١٠°م .) ودلت التجارب على أن نبات الشليك يحتاج إلى فترة لا تقل عن أسبوع من درجات الحرارة والمعاملة الضوئية المناسبة ليكون للثمار نكهة الشليك الكاملة . وفى ذلك تعليل لما نشاهده من أن أفضل ثمار الشليك هو الذى ينضج فى مستهل فصل الإثمار ، ذلك لأن الثمار تنضج فى أوائل الربيع عندما تكون درجات الحرارة فى الصباح حوالى ٥٠°ف . ، أما فيما يلى من أيام الربيع والصيف فثمار الشليك تفقد نكهتها لأن درجات الحرارة لا تناسب النضج السليم . أما فى المناطق الجبلية العالية ، فى المناطق الشمالية مثل ألاسكا وشمال السويد حيث لا ترتفع درجات الحرارة خلال أيام الصيف . فإن ثمار الشليك تحافظ على جمال طعمها طوال الموسم .

وبهذه المعلومات عن العوامل التى تؤثر على نضج ثمار الشليك ، يمكننا أن نزرع الشليك فى الظروف التى تلائم المحصول الممتاز ذا النكهة التى تميز ثماره عن مجرد خليط من السكر والحامض .

وربما أظهرت الدراسة أن ثماراً أخرى تتأثر بدرجات الحرارة على نحو ما يتأثر الشليك . وربما يرجع الطعم الممتاز لتفاح الشمال إلى تعرضه إلى درجات حرارة منخفضة لا سيما فى صباح الأيام الأخيرة من نضج الثمار . ومعظم المشتغلين بتربية أشجار الفاكهة وأصنافها يهتمون بصفات الثمرة من حيث الحجم وللشكل الخارجى ، بينما يجب أيضاً الاهتمام بمذاق الثمرة ونكهتها وهو ما يحببها إلينا ، ولعل الدراسات المقبلة تنير لنا سبل إنتاج ثمار ذات طعم ممتاز .

ولما كانت الزراعة هى أساس وجودنا ، ولما كان المناخ يمثل العوامل التى تتحكم فى الإنتاج الزراعى ، فإن من الواجب أن يزداد اهتمامنا بدراسة المناخ وهى دراسات من الأهمية والضخامة بحيث يلزم أن يعكف عليها العديد من أنبغ العلماء فى كافة بقاع الأرض . ومما يؤسف له أن هذا الموضوع لا ينال الاهتمام الكافى ؛ ففى كافة محطات الأبحاث الزراعية والكليات الزراعية ، توجد مجاميع من العلماء تتناول دراساتهم الأمراض والآفات وتربية النبات واستنباط الأصناف الجديدة إلى غير ذلك ، أما دراسة المناخ الزراعى فلا توجد إلا فى عدد

قليل جداً من هذه المراكز العلمية . والواجب أن يكون فى كل منها فريق من الباحثين يتضمن أخصائيين فى الأرصاد الجوية وعلم المناخ والزراعة وفسيولوجيا النبات . و « المختبر النباتى » هو الجهاز العلمى الذى يناسب هذه الدراسات ، والمنتظر أن يتم إنشاء عدد من هذه المختبرات فى المؤسسات العلمية المختلفة بعد أن ظهرت فائدتها فى الأبحاث الأساسية والأبحاث التطبيقية التى تعاون على حل مشاكل زراعية تتعلق بالمحاصيل الحقلية وأشجار الفاكهة وزراعة الغابات وغيرها .

وليس المقصود من هذه الدراسات التى تهدف إلى التعرف على المناخ الملائم للحصول ، أن تتناول المحاصيل الرئيسية مثل القمح والأرز والقطن ؛ فقد بينت التجربة الإنسانية وحددت الظروف الاقتصادية أفضل المناطق لزراعة هذه المحاصيل ، بل قد تم استنباط أصناف جديدة تناسب الظروف المحلية . ولكن المحاصيل الخاصة تحتاج إلى مزيد من الدراسة ، ومثل هذه المحاصيل توجد تحت التجربة فى مناطق عديدة وصادفها القليل من النجاح فى الكثير من المناطق . والدراسات المناخية يمكن أن توضح الأماكن التى تجود فيها الأنواع المختلفة والأصناف المختلفة للنوع الواحد من هذه المحاصيل .

وتفيد دراسات المناخ الزراعى الفلاحين بإنذارهم عن تقلبات الجو . مثال ذلك نظام الإنذار الجوى عن الصقيع الذى ينبئ أصحاب مزارع

المواخ فى جنوب كاليفورنيا . وخلال فصل الشتاء ، تذاع على الفلاحين تقارير يومية عن أدنى درجات الحرارة المنتظرة فى كل منطقة . وتتضمن هذه التقارير تحديد الساعة التى ستهبط فيها درجة الحرارة إلى الحد الذى يلزم عنده تشغيل أجهزة التدفئة فى البساتين . ويطمئن الفلاحون إلى هذه التقارير كل الاطمئنان . وفى هولندا يذيع معهد الأرصاد على زارعى البطاطس تقارير ينبئ فيها عن الظروف الجوية التى تساعد على تفشى مرض بياض البطاطس ، وبذلك يتسع لهم الوقت لرش حقولهم بمخلوط بوردو لوقاية النبات فى الوقت المناسب . وتتاح مثل هذه الخدمات لكثير من العمليات الزراعية الأخرى ، مثل التقارير التى تذكر كميات المياه التى تفقدها الأرض ، وبها يسترشد الفلاحون كأسس لحساب الكميات اللازمة من مياه الرى . ومع تقدم العلم سيصبح فى الإمكان التنبؤ طويل المدى بظروف الجو ، وستتاح بذلك إمكانيات جديدة للإفادة من علم المناخ الزراعى ، إذ سيتيسر للخبراء أن ينصحوا بأفضل أصناف الطماطم مثلا التى تلائم الجو المنتظر .

وقد تجمعت لدى الفلاحين الخبرة ببعض الوسائل التى يتحكمون بها فى الظروف الجوية ، فيمكن تعجيل إزهار الدنفيط وغيره باستعمال الضوء الكهربائى ، أو باستعمال الستائر لتنظيم طول النهار بالطرق الصناعية . وقد أمكن الحصول على ثمار الطماطم فى مايو

ويونيو (فى منطقة باسادينا بأمريكا) بتغطية النباتات بقماش أسود فى فترة نهاية بعد الظهر . ومثل هذه المعاملة تدفع النباتات إلى الإثمار المبكر، إذ تسبق النباتات التى لا تغطى بشهر على الأقل . وأقل من هذه الطريقة نفقة ، زراعة الطماطم فى الجانب الشرقى من حائط أو فى ظل شجرة ، وبهذا يمكن أن يبدأ «النشاط الليلى» والجو مازال دافئاً فى المساء المبكر . وكلما زادت معارفنا عن استجابة النبات لظروف المناخ استطعنا أن نبتكر وسائل جديدة للتحكم فى النمو . ومما يشجع على ذلك أننا فى زمن تقدمت فيه علوم التكنولوجيا بحيث يمكن إيجاد الوسائل العملية لتنفيذ المعاملات المبتكرة .

لقد تحدثنا عن تعديل المناخ بما يتلاءم مع احتياجات النبات ، فهل يمكن تغيير النبات ليتلاءم مع المناخ ؟ لا يوجد لدينا من الحجج العلمية ما يدل على أن النبات يمكن أن يتحول فى فترة زمنية محدودة إلى ملاءمة ظروف جوية جديدة تغاير ما طبع عليه . ولكن الشىء المقبول هو محاولة استنباط أصناف جديدة تلائم الظروف المناخية . وقد تمت محاولات عديدة فى هذا الصدد ؛ ففى كل ولاية من الولايات الأمريكية توجد محطة تجارب زراعية لها برامج لاستنباط أصناف من الحبوب وغيرها من المحاصيل تلائم الظروف المناخية فيها . ومن المصاعب التى تواجهها هذه البرامج أن المناخ يختلف من سنة إلى أخرى . والصنف

الذى يتم استنباطه فى سنة ما بحيث يلائم مناخها قد لا يناسب المناخ المعتاد . وفى المختبر النباتى ، حيث يتم التحكم فى الظروف المناخية ، مجال لاختبار الأصناف التى تناسب ظروفاً جوية معينة . ويجرى الآن فى مختبر النبات برنامج لاستنباط أصناف من الطماطم يمكن أن تثمر فى درجات الحرارة الليلية العالية على نحو ما يتميز به مناخ تكساس . وتنفق على هذه الأبحاث شركة من شركات زراعة الطماطم الكبرى ، وبدأت هذه البحوث بدراسة أصناف الطماطم التى تثمر فى درجات الحرارة العالية ، ولكن يعيبها رداءة الثمر . ثم هجن بينها وبين أصناف الطماطم ذات المحصول الممتاز ليمكن الحصول على هجين يجمع بين القدرة على احتمال درجات الحرارة وجودة المحصول . وبمثل هذا التهجين يمكن استنباط سلسلة من الأصناف تتفق مع الظروف المناخية المختلفة .

ومن الأمثلة التى ذكرت فى هذا المقال يتضح أن هناك مستقبلا زاهراً لدراسات المناخ الزراعى ، وقد أظهرت التجارب التى تمت فى « مختبر النبات » أن الدراسات التى تتم فى ظروف مناخية تجريبية يمكن أن توفر الكثير من الجهود التى تبذل فى الاختبارات الحقلية . ونذكر ، على سبيل المثال ، أن هذه الدراسات عاونت مصلحة الغابات الأمريكية على اختيار النباتات التى يمكن أن تنمو على المنحدرات الجبلية فى جنوب كاليفورنيا . وفى تجربة أخرى تناولت الدراسة عشب الخربق

الأمريكى veratrum viride الذى تعذرت زراعته فى التجارب الحقلية ، وظهر أنه نبات يحتاج إلى ستة شهور من درجات حرارة التجمد ، يتبعها ستة شهور من درجات الحرارة المنخفضة . وعند الوصول إلى تلك النتائج أمكن زراعة هذا النبات بنجاح فى الأجزاء العليا من جبال شمالى وشنجطن . وفى هذه الحالات يبدو المناخ كأهم العوامل التى تتحكم فى النمو ، وربما كان ذلك هو الحال فى كثير من النباتات الأخرى .

ولعل الشىء الأساسى الذى يسعى إليه الإنسان دائباً هو زيادة الاستغلال الزراعى للطاقة الشمسية ، فالزراعة الحالية لا تمسك من هذه الطاقة إلا القليل . وقد دلت التجارب والبحوث المعملية على أن للنبات القدرة على تحويل ما يبلغ ١٠ ٪ من الطاقة المستمدة من ضوء الشمس إلى طاقة كيميائية تسكن فى المركبات العضوية . ولكن الواقع أن ما نحصده من الحقول يحوى ما لا يزيد على ٢ ٪ من الطاقة الشمسية التى تسقط على حقل من الذرة أو البنجر مثلا . ومن أسباب هذه الكفاءة المتواضعة للمحاصيل أن أغلبها حولى يبدأ نموه من البذرة ، ولا يغطى فى مراحل النمو المبكرة غير جزء قليل من سطح الأرض . أما النباتات المعمرة فهى تكسو جزءاً أكبر من سطح الارض ، وتمتص قدراً أكبر من طاقة الشمس ، ولكن أكثر ذلك يذهب فى تكوين الأوراق والفروع دون الثمر . وفى هذه الميادين مجال فسيح للبحوث عن العلاقة بين المناخ

والإنتاج النباتى ، والهدف هو زيادة الكساء الخضرى لسطح الأرض ، وزيادة الكفاءة التى يحول بها هذا الكساء الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية . وقد أظهرت الأبحاث أن للطحالب قدرة تبلغ ضعفين أو ثلاثة أضعاف قدرة النباتات الزهرية على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية . على أن زراعة الطحالب تحتاج إلى إنشاءات باهظة التكاليف ، ولاشك أن الجهود العلمية والتكنولوجية ستيسر فى المستقبل زيادة كفاءة الكساء النباتى على امتصاص الطاقة الشمسية .

المناخ إذن هو أحد المصادر الطبيعية الكبرى ، وحين نعرف معرفة دقيقة بدء العلاقة بين العوامل المناخية والحياة النباتية سيكون فى إمكاننا أن نستزيد من فائدة هذا المصدر الكبير .

الجزء الثالث

النمـــو والشكل

الفصل الأول ــ نمو عيش الغراب ... تأليف : جون تايلر بونار

الفصل الثانى ــ شكل الورقة ...... تأليف : إريك آشبى

الفصل الثالث ــ مزارع الأنسجة ... تأليف : فيليب ر . هوايت

الفصل الأول

نمو عيش الغراب

تتعدد الوسائل والمناهج لدراسة نمو الكائنات الحية ، دون أن تبدو فطرة عيش الغراب - للوهلة الأولى - ضمن النباتات التى تحسن دراستها فى هذا المجال . ولكن مؤلف هذا الفصل لاحظ عرضا نمو عيش الغراب فى جزء من طريق مرصوف بالأسفلت ، فتولته الدهشة لقدرة هذا الكائن الدقيق على شق مكان لنموه خلال مادة الرصف . على أنه قرأ فيما بعد عن ملاحظة مشابهة لنمو هذه الفطرة فى أرض أحد المصانع الروسية . وقد رجع مؤلف هذا الفصل إلى الكتب والمراجع فوجد أن الدراسات موضوع نمو عيش الغراب لم تتناوله غير قليل من الدراسات المنشورة . وأقدم هذه الدراسات هى أغزرها مادة وفى الإمكان القول إن الدراسات المعاصرة لم تضف غير القليل إلى ما جاء فى مؤلف العالم النباتى أنطون دى بارى الذى عاش فى ستراسبورج خلال القرن التاسع عشر . وتحوى دروس علم النبات التى يتلقاها الطلاب الكلام الكثير عن نمو

جذور البصل وغيره من النباتات الراقية ، ولا يكاد يقال شيء عن نمو عيش الغراب إلا أنها تنمو وحسب .

أما العامة فلا يكادون يعرفون عن عيش الغراب إلا أنه يخلط مع إدام الشواء ، وأنه يشترى من الأسواق ويطهى ويؤكل . ويعرف آكلوه أن له رأساً كالمظلة وساقا غليظة ، والنظر الفاحص يبين أن هذا الجسم الشحمى الناعم يتكون من خيوط كشعيرات القطن مضغوطة إلى بعضها البعض ، وأن له شعيرات رقيقة تمتد داخل التربة كالجذور .

وعيش الغراب جسم يحمل جراثيم التكاثر ، وعند النضج تنثر خلايا السطح السفلى المتعرج لرأس العرهون جراثيم دقيقة تحملها الريح . وينثر العرهون الواحد أعداداً هائلة من هذه الجراثيم تبلغ نصف مليون جرثومة فى الدقيقة الواحدة ، ويستمر هذا الفيض مدة ثلاثة أيام أو أربعة . ولو أنك فصلت الرأس عن الساق ووضعتها على قطعة من الورق ، فإن الجراثيم المتساقطة سترسم زخرفا منتظماً . وهذا فى الواقع رسم لحوافى الثنيات الخيشومية التى تتدلى من السطح الأسفل لرأس الفطرة . ويستدل عالم النبات على نوع عيش الغراب من لون جراثيمه .

وإذا سقطت هذه الجراثيم فى البيئة المناسبة ، من أرض أو أكوام الدبال أو خشب متحلل أو غيرها مما يتوفر فيها الغذاء ، نبتت عن الجراثيم خيوط تمتد إلى كل ثقب أو شق أو فجوة . وتحوى هذه

الخيوط - مثلها فى ذلك مثل الجراثيم — أنوية بكل منها نصف عدد الكروموسومات التى توجد عادة فى جسم الفطرة . فهى فى الواقع جاميطات مثل البيضة وجرثومة اللقاح ، أى يجب أن تلتقى وتلتحم قبل أن تنمو . ولا يمكن أن نفرق خيوط الفطرة إلى خيوط مذكرة وأخرى مؤنثة . والواقع أن لأغلب أصناف عيش الغراب أربعة أجناس لا يمكن التزاوج بينها إلا على نحوين اثنين : تزاوج بين ١ و ٣ وبين ٢ و ٤

وعندما يتم التزاوج بين خيطين ، تلتحم نوانا الخلايا فيهما وتنضم بذلك كروموسوماتهما ، وينتج عن هذا الالتحام نواة تحوى العدد الطبيعى المزدوج للكروموسومات . وعندئذ يستأنف الخيط الجديد امتصاص الغذاء والاستطالة والتفرع والنمو . وطرف الخيط هو جزؤه النامى . وما تزال الأنوية تنقسم ، وتتكون جدران عرضية فى الخيط تقسمه إلى خلايا ، والنمو يطرد . على أن بالجدران العرضية ثقوباً تسمح بسريان البروتوبلازم بل والأنوية من خلية إلى أخرى فى الخيط . وقد درس هذه الظاهرة ، بالمزيد من العناية ، العالم الكندى الراحل ريجينالد بولر ، وظهر من هذه الدراسة أن لهذا السريان البروتوبلازمى أهمية خاصة فى نمو الفطرة .

وتكون الخيوط النامية شبكة متداخلة تسمى الغزل الفطرى ، ينمو

ويمتد فى الأرض فى خلقات تتسع كأنها الحلقات التى تنتشر فى سطح الماء إذا ألقى فيه بحجر. والملاحظة التى يصح ذكرها هنا أن عراهين عيش الغراب تنتظم فى حلقة دائرية، تبدأ كدائرة صغيرة حول موضع مركزى، ومع توالى الفصول تظهر الحلقات الجديدة فى حلقات أوسع، وتعليل ذلك أن كل حلقة تستنزف الغذاء المتاح فى التربة فى حيز الحلقة، والنباتات الجديدة تظهر فى حلقة أوسع حيث الغذاء أوفر، حتى إذا استنزفته بدورها ظهرت النباتات الجديدة فى حلقة أوسع فأوسع. وهكذا تنشأ ما تسميه العامة «دوائر العفاريت». وقد ذكر جون رامزبوتوم فى كتابه عن فطر عيش الغراب وأضرابه، أن أحد الأنواع واسمه «ماراسميس أوريادیس» تتسع دائرته بما يتراوح بين ٥ و ١٩ بوصة فى العام الواحد. وأمكنه من ذلك أن يقدر عمر بعض «دوائر العفاريت» بما يتراوح بين ٤٠٠ و ٦٠٠ سنة. وجاء فى هذا الكتاب صورة جوية بديعة لواحدة من هذه الدوائر الكبيرة.

وتزرع بعض أنواع عيش الغراب فى أرض خصبة غنية بالدبال أو روث الخيل. وتباع فى الأسواق أجزاء من الغزل الفطرى مع بيانات عن طريقة زراعتها. وتزرع عادة فى صوان فيها دبال وتحفظ فى مكان رطب هادیء تبلغ حرارته حوالى ٦٥° ف. (١٨,٥°م.) ومن الأماكن الصالحة لهذا النمو الكهوف وأقبية البدرومات. وفى غضون

شهور قليلة تنمو الخيوط الفطرية حتى تملأ التربة الدبالية ، ثم تبدأ بعد ذلك مرحلة الإثمار . وأول ما تظهر تكون على هيئة رءوس بيضاء صغيرة (فى حجم رءوس الدبابيس) تنتشر على السطح . وتنمو بعض هذه الرءوس ، فتثبط نمو الرءوس الأخرى . وعندما يبلغ نموها حوالى خمس مليمترات يصبح فى الإمكان التميز بين الرأس والحامل . ومازال هذا الجسم ينمو طولا وسمكا حتى يبلغ ١٥ — ٢٠ مليمترا فى الطول ، وعندئذ يطرد النمو طولا فقط ، وسرعان ما تنفتح الرأس عن الساق الحامل كما تنفتح المظلة .

وقد بدأت أبحاث المؤلف عن نمو فطريات عيش الغراب بدراسة سرعة نمو الأجزاء المختلفة لعيش الغراب الصغير . وطريقة ذلك أن توضع نقط من مداد أحمر على أبعاد متساوية على الساق الصغيرة ، ثم تصور الساق فوتوغرافيا على فترات متتالية . وتقاس المسافات الجديدة بين نقط المداد الأحمر. وقد أظهرت هذه الدراسة أن سرعة النمو تتفاوت فى الأجزاء المختلفة من الساق : فالنمو الطولى يتركز أساساً فى المنطقة التى تلى الرأس مباشرة . وقد درس المؤلف ظواهر النمو فى المناطق المختلفة بمزيد من التفصيل . ومع اطراد النمو يلاحظ أن النقط المرسومة على أغلب أجزاء الحامل ظلت مستديرة ولم تتغير المسافات بينها ولكن النقط الموضوعة فى جزء معين من الساق ، وهو الجزء الذى يلاصق الرأس ،

سرعان ما تتحول إلى خطوط رأسية مما يدل على أن النمو يحدث فى هذا الجزء . أما الرأس فالنمو فيه يختلف ، وهو أسرع عند الحوافى وأبطأ قرب المركز . وتدل نتائج هذه الدراسات على أن أجزاء عيش الغراب تنمو جميعا بنشاط متماثل حتى إذا وصل إلى ارتفاع ٥ : - ٢٠ مليمتراً ، تركز النمو فى الحامل عند الجزء العلوى الملاصق للرأس ، وفى الرأس يكون النمو نشيطا عند الحوافى وبطيئا قرب المركز .

وقد كررت هذه الدراسة على عيش غراب منزوع عن الأرض ومحفوظ فى جو رطب . وعلى فطر أخرى شقت طوليا عبر الرأس والحامل . وتأكد فى كل هذه التجارب أن النمو الطولى يتركز فى الجزء العلوى من الساق . وفى تجربة أخرى فصل هذا الجزء العلوى وحده ووضع فى وسط غذائى فبدت عليه دلائل النمو الواضح .

وقد اتضح أن أى دراسة حادة لميكانيكية النمو يجب أن تتناول نمو الخيوط الفطرية وتطورها لتكون عيش الغراب ولذلك قام المؤلف بدراسات تشريحية وميكروسكوبية دقيقة على الخيوط الفطرية فى المراحل المختلفة للنمو دون أن يجد اختلافات واضحة ، غير أنه لاحظ علاقة بين النمو الظاهرى للفطرة وانتظام الخيوط الفطرية فى جسمها فإلى أن يصل الزر إلى حوالى ٤ مليمترات تزدحم الخيوط فى تداخل غير منتظم وعندما يزيد الارتفاع قليلا يبدأ شىء من انتظام الخيوط فى صفوف متوازية فى جزء الحامل

الملاصق للرأس . حتى إذا وصل الارتفاع إلى ١٠ مليمترات ثم انتظام الخيوط الفطرية فى الجزء العلوى من الحامل . أما بقية الحامل والرأس فتبقى الخيوط فيها متداخلة دون انتظام معين وقد يشاهد أحيانا انتظام بعض الخيوط الفطرية فى الرأس على نحو إشعاعى .

كما دلت الدراسات على أن خلايا الخيوط تتوقف عن الانقسام كما تتوقف الزيادة فى عدد الخيوط الفطرية عندما يصل ارتفاع عيش الغراب إلى ١٥ ـ ٢٠ مليمتر ، والزيادة فى الارتفاع عند هذا الحد ترجع أساساً إلى زيادة حجم الخلايا . واستطالتها . ويبدو أن كل زيادة فى وزن الفطرة ترجع إلى زيادة حجم الخلايا وزيادة كمية المادة التى تحويها هذه الخلايا .

والسؤال الذى يتردد هو : ماهى طبيعة الغذاء الذى يمتصه الفطر من التربة ؟ هل هو الماء وحده ، أم مع الماء غيره من المواد الغذائية ؟ وقد دلت مقارنة الوزن الطرى والوزن الجاف للفطرة فى مراحل نموها المختلفة ، أن وزن الفطرة الجاف ازداد بنسبة مضطردة مع وزنها الطرى. ومن الواضح أن الفطرة تمتص من التربة مواد أخرى مع الماء . ومما يثبت ذلك أنه فى حالة حفظ قطع من فطر عيش الغراب فى جو رطب فإنها تنمو نموا قليلا نسبيا لأنها تمتص الماء وحده

والخلاصة أن شكل عيش الغراب الناضج محدد فى الزر الصغير منذ الأطوار الأولى للنمو، إذ تكون الخيوط الفطرية المتداخلة الحامل الذى يتأهب للنمو ، فإذا صادفت البيئة المناسبة اندفعت المواد الغذائية من الخيوط الفطرية الأرضية إلى جسم الزر الصغير ، ويصاحب هذا الاندفاع استطالة فى الخلايا ، حتى ليندفع جسم الزر ضاربا إلى أعلى ، ويظهر الزر كأنه بالون صغير ينتظر النفخ ليأخذ شكل عيش الغراب . فإذا أتيحت ظروف الغذاء انتفخ ونما عيش الغراب فجأة حتى ليضرب به فى ذلك الأمثال . وكثيراً ما تبقى الأزرار مختفية تحت الأوراق المتساقطة أو الحشائش ، حتى إذا صادفت ظروف الحرارة والرطوبة المناسبة تمت مراحل النمو والاستطالة بسرعة درامية ، كأنها القذيفة أعد لها المدفع وحشى البارود وهيئت كل الأجزاء للانطلاق ، حتى إذا جاء المطر والحرارة لتشد الزناد انطلق عيش الغراب ظاهرا فى شكله الناضج .

الفصل الثانى

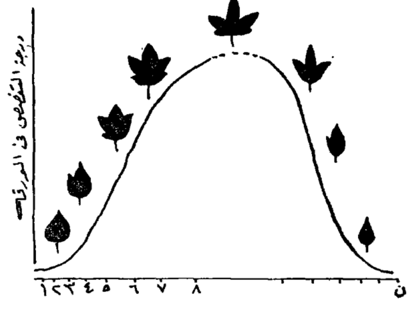
شكل الورقة

يقال إن المتعة الحقيقية فى البحث العلمى ليست فى مراجعة النتائج ولكن فى القيام بالبحث ذاته وجمع مشاهداته . ومن أسف أن هذه المتعة لم تعد ميسرة للهواة فى زمان السيكلوترون وأسبكترومترات الأشعة تحت الحمراء وغيرها من أجهزة العلوم الحديثة التى تعتمد عليها البحوث فى العلوم الكيميائية والطبيعية . على أن المجال فى العلوم البيولوجية ما زال يتيح لصاحب موهبة الملاحظة اكتشافات طريفة دون الحاجة إلى أدوات ومعدات غير مايوجد عادة فى الحديقة والمنزل . ومثال ذلك أن فى الإمكان دراسة واحد من الظواهر الأساسية فى الحياة ، وهى ظاهرة الشيخوخة فى النبات بملاحظة أحجام وأشكال الأوراق .

وإذا فحصت بالتدقيق أشكال الأوراق المتتابعة على ساق أى نبات حولى ، فإنك ستلاحظ شيئاً يدهشك . وربما لم يسبق لك ملاحظته ،

ذلك أنه لا توجد ورقتان متشابهتان تمام التشابه ، لكن ذلك النبات الجزر أو العايق أو شب النهار أو النيل أو الكزموس أو بنجر السكر. فى هذه النباتات وفى الكثير غيرها تتضح الاختلافات فى شكل الأوراق مع توالیها ورقة فوق ورقة على الساق . وهذه الاختلافات ليست عشوائية ؛ ففى نبات العايق ، على سبيل المثال ، نلاحظ ازدياد عدد فصوص الورقة . فللورقة السفلى تسعة فصوص ، وللثانية اثنا عشر فصا ، وللثالثة ثمانية عشر فصا وهكذا . وفى نبات شب النهار تكون الأوراق الثلاثة أو الأربعة الأولى على شكل القلب ، بينما الأوراق التالية أعمق تفصيصا . وفى نبات العسلب الإنجليزى ، تكون الأوراق الأولى مستديرة بينما الأوراق التالية ضيقة ومستطيلة كأوراق النجيليات . وفى كثير من النباتات تكون هذه الاختلافات منتظمة على نحو يمكن معه التعبير عنها بالرسم البيانى (انظر رقم ٥ ، الذى يبين الاختلافات فى شكل ورقه القطن) .

وتظهر الدراسة والفحص الدقيق اختلافات أخرى بين أوراق النبات الواحد . فالورقة تغطيها بشرة من خلايا متداخلة يمكن فحصها تحت الميكروسكوب ، وتبلغ مساحة الخلية الواحدة جزء من ٥٠٠ مليون جزء من البوصة المربعة ، وتتكون بشرة ورقة نبات البنجر أو الطباق من حوالى ٤ مليون خلية . ويلاحظ أن حجم الخلايا يقل كلما ارتفع مكان الورقة على الساق ، أى أن خلايا بشرة الأوراق العليا أصغر من خلايا



(شكل ٥)

رسم بيانى يوضح تغيرات شكل نصل ورقة نبات القطن . الأوراق الأولى فى النبات الصغير بسيطة غير ذات فصوص . الأوراق الوسطى فى النبات الناضج شديدة التفصص ، بينما الأوراق الأخيرة فى النبات المسن أشبه ما تكون بالأوراق الأولى .

بشرة الأوراق السفلى ؛ بل إن عدد الخلايا فى بشرة الأوراق العليا أقل من مثيلاتها فى الأوراق السفلى . ويعنى هذا طبعا أن الأوراق العليا أصغر من الأوراق السفلى مساحة .

ولنا أن نتساءل عن أهمية هذه الملاحظات عن شكل وحجم الأوراق المتعاقبة على ساق النبات . وعن العروض البيولوجية التى يمكن استنتاجها من هذه الملاحظات . أما الأهمية العلمية لهذه الملاحظات فترجع إلى أمرين : الأول أنها نموذج للتغير الكمى المرتبط بالسياق الزمنى ؛ فالأوراق التى ينتجها النبات النامى تتغير على نحو يمكن قياسه مع تقدم النبات فى العمر . ومن البديهى أن التركيب الوراثى للنبات لا يتغير بتقدم السن ، ولكن هذا التركيب الوراثى الواحد ينتج أوراقا تختلف أشكالها وحجومها ، كأن النبات قطعة موسيقية فيها صور مختلفة من جملة موسيقية واحدة أما الأمر الثانى فهو أن الاختلافات يمكن أن تكون أساسا لقياس ظاهرة الشيخوخة الفسيولوجية فالأوراق الأولى لنبات العسذب مستديرة وتسمى أوراقا صبوية ، ولا ينبت النبات الناضج مثلها فى الظروف العادية ، أما إذا وضع النبات فى ظروف مثبطة للنمو ، مثل الظل الشديد أو الماء الكثير أو كان النبات ناميا من عقلة فإنه ينبت أوراقا صبوية حتى ولو كان نباتا ناضجا . وفى مثل هذه الأحوال يتأخر الإزهار وتتأخر الشيخوخة .

وهنا يبرز سؤال : هل يمكن أن يكون شكل الورقة نوعا من القياس الذى يستدل به على عمر النبات الفسيولوجى لا عمره الزمنى ؟ فإذا كان هذا ممكنا فالأمر يستحق الاهتمام والعناية .

واستطراداً لهذه الملاحظات الأولية ، يعرض لنا سؤال : كيف ولماذا تختلف الأوراق العليا على ساق النبات الحولى عن الأوراق السفلى؟ التعليل الذى يخطر على البال أول مايخطر هو أن الأوراق العليا تختلف عن الأوراق السفلى، لأنها تظهر وتنمو فى أواخر فصل النمو ، والتغير فى شكلها وحجمها يعكس التغير فى درجات الحرارة والضوء من الربيع إلى الصيف . وأمكن اختيار هذا التعليل بتجربة بسيطة ، أجريت على نبات شب النهار . فقد أعدت الأصص وهيئت للزراعة ووضعت جميعا فى مكان واحد من صوبة زجاجية ، وزرع فى بعضها نبات شب النهار فى مستهل فصل الربيع ، وبعد أسبوع زرعت مجموعة ثانية ، وبعد أسبوعين زرعت مجموعة ثالثة وهكذا تتابع الزرع حتى انتهى فصل الربيع . وبذلك تتاح الفرصة لنمو الورقة العاشرة مثلا فى نباتات الزراعة المبكرة ، فى نفس الوقت وتحت نفس الظروف المناخية التى تنمو فيها الورقة الثانية من نباتات الزراعة المتأخرة . فلو كان التعليل الذى ذكرناه صحيحاً لتوقعنا أن تتشابه الأوراق التى ظهرت ونمت فى ظروف مناخية واحدة . ولكن نتائج التجارب العديدة أظهرت بوضوح أن هذه الأوراق غير

متشابهة ، فشكل الورقة وحجمها يتأثر أساسا بمكانها على الساق ، وقد يتأثر شكل الورقة بتغير الفصول ، إلا أن تغير تأثر الفصول يختلف جداً عن تأثير موضع الورقة من الساق . ولذلك فهذا التعليل البسيط غير مقبول ،وعلينا أن نبحث عن تعليل آخر ، لاختلافات شكل الورقة وحجمها ، يرجع إلى ظواهر التطورات الداخلية فى النبات التى ترتبط بالسن الفسيولوجى .

وعلينا أن نوضح هنا أن فكرة العمر فى النبات تختلف كل الاختلاف عن فكرة العمر فى الحيوان . ذلك لأن النمو فى الحيوان يشمل كافة أجزاء الجسم ويستمر حتى النضج ، ثم يظل الحيوان حياً نشطاً لمدة قد تطول بعد توقف النمو . أما النبات فالقدرة على النمو تتركز فى أجزاء خاصة منه هى القمم النامية : فخلايا القمة النامية فى نبات الذرة مثلا تنقسم باستمرار ، وتتحول نتائج انقساماتها إلى خلايا جديدة تكون الأوراق الجديدة ، وما تزال فوقها خلايا لا تتوقف عن الانقسام تسمى الخلايا المرستيمية التى ينتج عنها النمو الجديد . ومن ذلك يتضح أن الأجزاء المختلفة من النبات تختلف فى العمر ، فالأوراق السفلى قد يبلغ عمرها ٣ — ٤ شهور ، بينما الأوراق العليا لا يجاوز عمرها الساعات . وما دام النبات حياً فالخلايا المرستيمية دائمة التكوين والانقسام عند قمة الساق .

ويمكن أن نستخلص من ذلك أن القمة النامية دائمة الصغر بالنسبة للعمر الزمنى ، ولكنها ليست دائمة الصغر بالنسبة للعمر الفسيولوجى . فالقمة النامية تنتج فى باكورة حياة النبات أوراقاً صبوية ، وفى مرحلة النضج أوراقاً ناضجة ثم أزهاراً . وظاهرة الشيخوخة فى النبات تحدث حتى ولو لم يتعرض النبات لتغير فى ظروف التغذية والضوء . ولا شك أن هذا الأمر ينطوى على موضوع رئيسى فى دراسة الحياة : موضوع التعرف على أسباب الشيخوخة . والهدف من دراسة شكل الأوراق وتركيبها التشريحى هو وضع أساس لقياس هذه الظاهرة ، والقياس هو الخطوة الأولى نحو فهمها وإدراك كنهها .

وقد قام مؤلف هذا الفصل بدراسة تتعلق بهذا الموضوع على نبات عدس الماء ، وهو نبات ينمو طافياً على سطح الماء الراكد . ويتكون النبات من جسم أخضر يقرب من حجم حبة العدس أو يزيد قليلا ، له جذور قليلة وضعيفة . يتكاثر هذا النبات الصغير خضرياً بأن ينمو ، من جزء يشبه الجيب فى جانب النبات ، فرخ يكبر حتى إذا قارب النضج نبت فرخ ثان من الجانب المقابل ، ثم ينفصل الفرخ الأول بينما يكبر الفرخ الثانى حتى إذا قارب النضج نبت فرخ ثالث فى موضع الأول ، فإذا تم نضج الفرخ الثانى انفصل ونبت فى موضعه فرخ رابع . وقد ينبت فرخ خامس أيضاً قبل أن تنتهى حياة النبات الأم . وتستغرق

هذه الحياة قرابة ٤٥ يوماً . والنبتات الخمس التى أفرختها الأم تشبه خمس أوراق متتابعة على ساق نبات عادى . والملاحظة الهامة هنا ، هى أن النبتات الوليدة يتناقص حجمها تناقصاً مطرداً ، حتى إن النبتتين الرابعة والخامسة لايكاد يبلغ حجمهما نصف حجم النبتة الأولى . ويظهر هذا التناقص فى قوة نشاط الخلايا المرستيمية للنبات الأم رغم المحافظة الصناعية على ظروف البيئة والجو والغذاء .

وهذه الظاهرة يمكن تعليلها فسيولوجيا بأحد فرضين ، الأول : أن النبات الأم ينتج مادة منشطة للنمو تستنفذها النبتات المتتالية تدريجياً وبذلك يقل ما يصل الفرخ الخامس من هذه المادة عما كان لدى الفرخ الأول . والفرض الثانى هو أن النبات الأم ينتج مادة مثبطة للنمو ما تزال تتراكم مع الزمن حتى تبلغ ذروة تأثيرها على الفرخ الأخير . وقد أجريت تجربة بسيطة لمعرفة أى الفرضين أصح ، وذلك بفصل الأفراخ غير الناضجة عن أمهاتها ، فظهر أن الفرخ الذى يفصل عن أمه لا ينمو إلى حجمه الطبيعى إنما يبقى قزماً . ويثبت ذلك أن النبات الأم يرسل إلى النبتات الوليدة مادة تنشط النمو ، فإذا حرمت منها بهذا البتر عجزت عن النمو الطبيعى . وقد يدل ذلك أيضاً على أن ما سبقت الإشارة إليه ، من أن تدرج حجم الأفراخ نحو الصغر ، إنما يرجع إلى أن مادة تنشيط النمو التى تفرزها الأم يقل ما يصل منها إلى الأفراخ تدريجياً مع توالى ظهورها .

ولكن للقصة بقية . إذ لو اقتصر التفسير على ما سبق لاستمر تضاؤل حجم نباتات عدس الماء من جيل إلى جيل حتى تصل إلى العدم . ولكن الواقع غير ذلك ، فلا يكاد يختلف متوسط حجم نباتات عدس الماء . وسبب ذلك أن الفرخ الرابع أو الخامس ، وهو قزم الحجم ، تولد عنه أفراخ أكبر منه كأنما يمضى تاريخ الحياة إلى شيخوخة تصغر بها الأفراخ ، تتبعها صبوة ينتج عنها أحفاد كبار . ذلك لأن العمر الفسيولوجى – بخلاف العمر الزمنى – يمكن أن ينقلب من شيخوخة إلى صبوة .

تذكرنا هذه الدورة ، بحياة النبات الحولى ، فالنبات ينمو ويهرم ويشيخ ثم يموت فى آخر الموسم ، تاركا خلفه بذورا تستنبت فتعيد سيرة النبات صبياً . ولكن نبات عدس الماء يبين ظاهرة التصبى بدون الاعتماد على البذور .

وما تزال هذه الدراسات فى حاجة إلى استزادة قبل إمكان الوصول إلى نظرية عامة تتضمن تعليلا لظاهرتى الشيخوخة والصبى ولكن آراء عالم النبات الروسى ن . ب . كرينك – المتوفى عام ١٩٤٠ – تتضمن بعض الفروض العامة التى تستحق النظر . فقد لاحظ أن أوراق بعض أصناف القطن تختلف شكلا حسب موضعها على الساق ؛ فالأوراق المتتابعة يزداد تفصصها عمقا حتى مستوى معين على الساق ، ثم يقل بعده تفصص

الأوراق المتتابعة على هذا الساق . فإذا بدأ التفصص فى ورقة مبكراً عن العادة بدأ الإزهار أيضاً مبكراً ، والعكس بالعكس . ولذلك اقترح كرينك أن يعتبر التغير فى تفصيص الورقة مقياسا للعمر الفسيولوجى للنبات . واقترح أن نمو الفروع الجانبية من براعم على الساق الأصلى يمثل نوعاً من التصبي ذلك لأن تتابع اختلافات الأوراق على الفروع هو تكرار لتتابعها على الساق الأصلى ، على أن التكرار غير مطابق تماما . فالورقة الأولى على فرع سفلى أقل تفصصاً من الورقة المقابلة على الساق الأصلى ، بينما الورقة الأولى على فرع علوى أكثر تفصصاً من الورقة المقابلة لها على الساق الأصلى على أن هذا أمر متوقع إذا قبلنا الفرض الأول . وهو أن شكل الورقة يعتبر مقياساً للعمر الفسيولوجى .. والفرض الثانى وهو أن الفروع الجانبية (مثلها فى ذلك مثل أحفاد الأفراخ لنبات عدس الماء) أصغر فى عمرها الفسيولوجي من جزء الساق الذى تفرعت عنده . ولما كان تفصص نصل الورقة فى هذا النبات يدل فى أول الحياة على تقدم العمر ويدل فيما بعد ذلك على التصبي ، فالمتوقع أن تكون أوراق الفروع العليا « الصبية » أعمق تفصصا .

ولكن فروض كرينك لا تعلل هذه التغيرات المتتابعة ، ولا تصف كل أنواع التغيرات . ولكنها فكرة فيها جرأة وأصالة ، وتستحق الدراسة والمتابعة ، وهى تدلنا على أن دراسة وتحليل شكل الأوراق قد يصبح موضوعاً هاماً فى العلوم البيولوجية .

الفصل الثالث

مزارع الانسجة

لكل خلية مجموعتان من الصفات . المجموعة الأولى هى الصفات الأساسية التى تنبثق من ذاتية الخلية ، وهى صفات ثابتة لا يمكن تغييرها إلا إذا فقدت الخلية حياتها . والمجموعة الثانية تنبثق عن علاقات الخلية بالظروف المحيطة بها والتى تتضمن ملايين من الخلايا الأخرى ، وهذه الصفات قد تتغير بتغير هذه العلاقات دون أن تفقد الخلية حياتها . ويمكن أن نسمى المجموعة الأولى الصفات الذاتية ، والثانية الصفات الاجتماعية . ومن العسير التمييز بين هذه الصفات مادامت الخلية مستقرة فى مكانها الطبيعى من جسم الكائن . أما إذا فصلت خلية ، أو مجموعة من الخلايا ، من مكانها الطبيعى ونقلت إلى وسط جديد به الاحتياجات والظروف التى تحفظ على هذه الخلية حياتها ، فإننا بذلك نستعيد الجانب الاجتماعى من حياة الخلية ، ويتسنى لنا أن نتعرف على صفاتها الذاتية وأن نستنتج أثر العوامل الاجتماعية على حياتها . ومثل هذه الخلايا

أو الأنسجة التى تفصل عن مواضعها الطبيعية ، وتوضع فى ظروف صناعية تحفظ عليها الحياة تسمى « مزارع الأنسجة » .

ومن التجارب البسيطة أننا لو أخذنا عقلة من فرع صفصاف طولها قدم واحدة ، وغرزناها فى رمل ورويناها ، فإن الجذور ستظهر فى الجزء المغطى بالرمل ، والأوراق ستظهر فى الطرف الآخر وسينمو من ذلك شجرة جديدة . ولو أخذنا قطعة مماثلة من فرع صفصاف ، ثم قسمناها إلى ستة أجزاء طول كل منها بوصتان ، وغرزنا هذه القطع فى الرمل ورويناها لأنبتت كل منها جذوراً وأوراقا وانتهت إلى شجرة جديدة . ومن ذلك نتبين أن الأنسجة فى الجزء المغروز من العقلة الطويلة الأولى (ويزيد على بوصتين) أنبت جذوراً فقط ، بينما الأنسجة المشابهة لها تماماً من العقلة القصيرة أنبتت جذوراً وأوراقا . فالخلايا التى أنتجت الأوراق فى العقلة القصيرة كانت هى العليا فى موضعها بالنسبة إلى غيرها ، أما مثيلاتها فى العقلة الطويلة ، فكانت فى أسفل خلايا أنسجه كثيرة . ويدل ذلك على أن نشاط الخلايا وتطورها إلى جذور أو أوراق ، إنما يعبر عن أوضاع اجتماعية بالنسبة للنشاط العام للكائن .

أما إذا أخذنا قطعة صغيرة من الأنسجة الداخلية من قمة الساق النامية ، أو من المناطق النامية فيما بين الخشب والقلف ، فإن نشاطها والاحتياجات اللازمة للمحافظة على حياتها ، تختلف عن العقل كل الاختلاف . فلو غرزت مثل هذه القطع فى الرمل ورويت فإنها تموت

بعد قليل ، فهى تحتاج إلى وسط غذائى يحوى الأملاح والسكريات والفيتامينات وغيرها من المواد اللازمة للنمو . وفى مثل هذا الوسط الغذائى تنمو الخلايا وتتضاعف دون أن تنبت عنها جذور أو أوراق ، بل تنمو إلى كتلة لا شكل لها من الخلايا ويمكن الاحتفاظ بها حية نامية شهورا وسنوات . هذا هو مثال لمزرعة الأنسجة . فإذا راعينا عند فصل النسيج أن يحوى نوعا من الخلايا دون غيرها مما قد يؤثر عليها اجتماعيا ، أمكننا أن نتيح للخلايا فرصة ممارسة صفاتها الذاتية . ومثل هذا النسيج يكبر وتتضاعف خلاياه نتيجة للانقسام والنمو . ويمكن أن يقسم إلى أجزاء ذات أصل وصفات وراثية واحدة ، وتاريخ بيئى واحد وتسمى هذه الأجزاء عند زراعتها : مزارع الأنسجة التوأمية ، وتتميز جميعا بصفات ذاتية واحدة ويمكن الإفادة منها فى دراسة أثر تغير العناصر الغذائية ودرجات الحرارة والحموضة وغيرها على إنبات الجذور أو الأوراق أو ترسيب المواد الخشبية أو غير ذلك مما نرغب فى دراسته .

وقد يبدو كل ذلك بسيطاً يسيراً . ولكن الواقع أن التعرف على الاحتياجات الغذائية والتواصل إلى الطرق العملية للمحافظة عليها ، عسير جداً . لأن ذلك يعتمد على أسس علم التغذية وهو من فروع العلم الحديثة التى لا تزال تحتاج إلى تدعيم . وقد بدأت هذه الدراسات

على يدى العالم الألمانى هابر لاندت عام ١٨٩٨ وانقضت أربعون سنة إلى أن تمكن بعض العلماء الفرنسيين ، كما تمكن مؤلف هذا الفصل فى عام ١٩٣٩؛ من التوصل إلى الطرق الناجحة لمزارع الأنسجة . ولما نشرت هذه البحوث أصبحت الأساس المكين لدراسات مستفيضة فى هذا الموضوع خلال السنوات التى تلت .

كانت المشكلة هى التعرف على الاحتياجات الغذائية لقطع النسيج النباتى . فلو أجرينا تجربة على شريحة من ساق غضة لنبات الطماطم ، ووضعناها على رمل مبلل أو جيلاتين مشبع بالماء ، وراعينا ألا يصيبها العفن فإن هذه القطعة من ساق الطاطم ستتوالى عليها تغيرات مميزة . فإن كانت القطعة كبيرة قد ينبت منها جذور وأوراق مثلما حدث فى عقلة الصفصاف التى جاء ذكرها من قبل والأرجح أنها تنتفخ : فالخلايا السطحية تمتص الماء وتنتفخ به حتى لتصبح كالأكياس المائية ، وتنشط بعض الخلايا تحت السطح لتنقسم فى اتجاه مواز لاتجاه السطح المقطوع ، وتتحول الخلايا الجديدة إلى أنسجة فلينية ، أما الخلايا الداخلية فتتحول جميعا إلى خلايا خشبية ، فإذا تم ذلك توقف النسيج عن النمو . ويدل ذلك على أن الوسط الذى تم فيه النمو لم يكن وسطاً غذائياً يتيح النشاط الطبيعى المستمر .

كلنا نعرف أن الجذور المعزولة يمكن الاحتفاظ بها حية نامية لسنوات عديدة إذا حفظت فى محلول بسيط يحوى بعض الأملاح وسكر القصب ومادة الثيامين ، ويضاف إلى المحلول مادة أخرى أو مادتين تختلف حسب نوع الجذور موضع الدراسة . فى حالة جذور الطماطم تلزم إضافة الجليسين — وهو أبسط الأحماض الأمينية — أو إضافة فيتامينى البيريدوكسين والنياسين . وقد يكون من المنطق أن نستنتج أن أنسجة ساق النبات تنمو بنجاح على نفس الوسط الغذائى الذى تنمو عليه جذوره . ولكن الواقع يخالف ذلك ، فأنسجة الساق تحتاج إلى مادة إضافية هى فى الغالب مادة الهورمون النباتى (أوكسين) التى تسمى أندول حمض الخليك ، على أن زيادة تركيز هذه المادة عن الكميات الطبيعية تؤدى إلى التسمم . وقد سبقت الإشارة (فى الجزء الأول) إلى أن مادة ٢,٤ — د القريبة من مادة الأوكسين ، تستعمل لقتل الحشائش وتطهير الحقول ، ولكن الكميات القليلة منها تنشط النمو ، فإذا أضيفت ، بمقدار جزء على مائة مليون جزء ، إلى الوسط الغذائى الذى تربى عليه مزرعة النسيج ، فإنها تمنع تكوين الخلايا الفلينية والخشبية وتنشط انقسام الخلايا فينمو النسيج على غير انتظام ، وتستمر الخلايا فى انقسامها ونموها .

وقد أصبح من المعروف أن إضافة مادة أندول حمض الخليك

تيسر النجاح لمزارع الأنسجة . على أن التجارب أظهرت أن مادة نافثالين حمض الخليك أكثر فائدة لأنسجة نباتات كثيرة . وربما تحتاج بعض الأنسجة لمواد غذائية إضافية مثل البيوتين أو حمض البانتوثينيك أو الإينوسيتول أو غيرها من الفيتامينات . ولكن أندول حمض الخليك أو أضرابه هي فى الأعم الغالب المواد التى لاغنى عنها بالإضافة إلى المواد الغذائية الأساسية .

وقد تمت خلال السنوات الأخيرة ، زراعة ودراسة أنسجة مأخوذة من نباتات مختلفة . وكان الجزر أول نبات تناولته الدراسة . ولوحظ أن أنسجة الجزر تحتاج إلى إضافة مادة الثيامين إلى المحلول الغذائى إذا حفظت المزرعة فى الظلام ، أما إذا تعرضت للضوء فهى فى غير حاجة إلى هذه المادة إذ تنتج الأنسجة ما يكفيها من الثيامين . وأنسجة الجزر تتميز باستقطابية واضحة تفقدها وتفقد قدرتها على إنبات الجذور بعد أربع أو خمس نقلات . والمقصود بالنقلة تقسيم النسيج بعد تضخمه إلى أجزاء ، ونقلها إلى وسط غذائى جديد . وقد تبين أن بعض أنسجة الجزر يستغنى ، مع طول عمر المزرعة ، عن مادة اندول حمض الخليك ، إذ تكتسب القدرة على إنتاج ما تحتاج إليه من هذه المادة . ومثل هذا التغير يسمى « التطبع » . على أن ظاهرة التطبع لم تشاهد فى كافة أنسجة الجزر التى درست ، كما ولم تتضح بعد الظروف التى تسبب هذا التغير الذى

يتم فى بعض الحالات ، ولا شك فى أن التعرف على هذا التغير وتوضيح مسبباته سيكون له أكبر الأثر فى فهم ظواهر نمو الأنسجة عموماً .

وتحوى أغلب الأنسجة النباتية ، عندما تفصل عن مواضعها فى النبات ، على قليل من مادة الأوكسين يعتمد عليها نمو النسيج فى مراحله المبكرة ، ولكن هذا النمو سرعان ما يتوقف . ومن الأنسجة التى تستعمل فى هذه التجارب أجزاء من درنات نبات الطرطوفة وتتميز أنسجته بعدم وجود أى أثر لمادة الأوكسين بها ، وبأنها لا تنمو مطلقاً بدون إضافة أوكسين صناعى ، ومن أجل هذا فهى مادة صالحة جداً لدراسة أثر التركيزات المختلفة للأوكسين على النمو . أما أنسجة نبات أبى ركبة فهى غنية جداً بمادة الأوكسين حتى لتتعذر تربيتها فى مزارع الأنسجة لأن تركيز الأوكسين يسممها ويمنع انقسام الخلايا فتنتفخ الخلايا ثم سرعان ما تنفجر .

ولدراسات مزارع الأنسجة أهمية خاصة فى أبحاث الأمراض النباتية . فقد كان المعروف عن فطرة مرض البياض الزغبى الطفيلية أن أحداً لم يتمكن من دراسة حياتها فى المعمل . ولكن تقدم دراسات مزارع الأنسجة يسر زراعة ودراسة هذه الفطرة على وسط من أنسجة نبات العنب . كما أمكن أيضاً دراسة فيروس مرض تبقع الطباق ، وفيروس مرض التحوصل القمى فى نباتات الطباق والطماطم ، مما يسر التعرف على أوجه كثيرة لهذه الأمراض .

ومن الأنسجة التي أمكن تنميتها في المزارع ، أنسجة من نباتات الزعرور والورد وأنف العجل والتوت الشوكي والعليق العنبي . وتم أخيراً التعرف على المعاملات الغذائية المناسبة لمزارع أنسجة الصفصاف بعد دراسة استغرقت ١٥ سنة . وتتفاوت احتياجات أنسجة هذه النباتات تفاوتا بينا كما تختلف طبائع نموها . فبعضها ، مثل الصفصاف ، يحتاج إلى عدد من الفيتامينات وغيرها من المواد ، وبعضها الآخر مثل الجزر يحتاج فقط لمادة أندول حمض الخليك ثم يستغنى عنها عندما يتم التطبع وتتميز بعض الأنسجة بنمو استقطابي أي ذى اتجاهات محددة ، بينما تنمو بعض الأنسجة على غير نظام . وتنمو عن بعض الأنسجة مزرعة متماسكة نتيجة لنمو جميع الخلايا السطحية وانقسامها ، بينما يتعمق النمو والانقسام في البعض الآخر ، وينتج عن ذلك كتل غير متماسكة سهلة التفكك ، وفي بعض الأحيان تكون كالمسحوق . وتختلف ألوان المزارع ، فأنسجة العليق العنبي بيضاء كالبرد . وأنسجة الجزر صفراء وتكاد تكون أنسجة نبات الدباح scorzonera سوداء . ولا يكاد الحصر يلم بكافة العلاقات بين استجابة الأنسجة لظروف التغذية والاحتياجات البيئية . كما أن الإمكانيات العلمية لدراسات هذه المزارع غير محدودة .

ولنذكر وجها من هذه الدراسات لم يكن في الحسبان من قبل ، وأصبح له الآن أهمية خاصة ، ذلك هو استعمال مزارع الأنسجة في دراسة

السرطان . الأورام السرطانية هى أجزاء من أنسجة الجسم تحررت خلاياها من حدود العلاقات الاجتماعية التى يتميز بها النمو الطبيعى. ونحن عندما نهيء مزارع الأنسجة إنما نحرر خلاياها عمداً من هذه الحدود ، أى أننا نحول الأنسجة الطبيعية إلى ما يقرب شبهاً من أنسجة الأورام ، تلك مشابهة صناعية ، ولكن يمكن الاعتماد عليها فى الاستدلال على بعض الأنماط التى تنشأ عليها الأورام . وعلاوة على ذلك أصبح فى إمكاننا أن ندرس أنسجة الأورام النباتية التى تنشأ طبيعيا فى بعض النباتات دراسة معملية . ففى النباتات أنواع كثيرة من الأورام تتمثل فيها الأنواع الرئيسية للسرطان الموجود فى الحيوانات ففى النباتات أورام وراثية ، وأورام فيروسية ، وأورام تسببها المعاملة ببعض المواد الكيميائية ، وأورام تسببها الكائنات الدقيقة كالبكتريا ، وهناك أيضاً أورام لا تعرف مسبباتها بعد . ويمكن إعداد مزارع تنمو فيها أنسجة هذه الأنواع جميعا. وقد أظهرت دراسات هذا الموضوع وجود نوعين على الأقل من الأورام النباتية تنمو بالعقم ، ولكنها قادرة على التكاثر وإنتاج أورام جديدة إذا نقلت إلى نبات سليم ، أى أن لها ما يقابل بعض الصفات التى تتميز بها خلايا السرطان الخبيثة فى الإنسان . كما أمكن تجميع معارف كثيرة عن المراحل التى تتكون بها هذه الأورام . فثبت مثلا أن مزارع أنسجة الأورام لا تحتاج إلى إضافة مادة الأكسين إلى الوسط الغذائى .

بل إذا وضعنا جزءاً من نسيج طبيعى مع جزء من نسيج ورمى فإن الأول ينمو بدون حاجة إلى إضافة الأوكسين إلى المزرعة . أى أن النسيج الورمى يفرز كميات من الأوكسين تكفى لتنشيط نمو النسيج الطبيعى الموضوع إلى جواره . ومثال آخر — إذا وضعت شرائح السريس على رمل رطب فإن السطح العلوى ينبت براعم والسطح السفلى ينبت جذوراً . فإذا دهن السطح العلوى بمعجون به أوكسين ، أو طعم بأجزاء من نسيج ورمى ، فإن البراعم يمتنع ظهورها . أى أن الخلايا الورمية يمكن أن يكون لها تأثير معجون الأوكسين . نضيف إلى هذا أن الأنسجة الورمية لا تستجيب للمعاملة بكميات متوسطة من الأوكسين كما تستجيب الأنسجة الطبيعية . ويدل ذلك على أن التغير من خلية طبيعية إلى خلية ورمية يتضمن زيادة فى قدرتها على إنتاج الأوكسينات أو على الأقل على توفرها . ومن المهم أن نتابع بالدراسة منهاج هذا التغير .

ومن النتائج الهامة التى أفضت إليها هذه الدراسات ، هى السرعة الخارقة التى تتغير بها الخلية من حالتها الطبيعية إلى حالتها الورمية . فقد ظهر من دراسة التورم القمى الذى يحدثه فى النبات نوع من البكتيريا أن التغير من الحالة الطبيعية إلى الحالة الخبيثة يتم فى مدى عشر ساعات فى حدود درجات معينة للحرارة . وهذه البيانات أدق مما أمكن جمعه عن الأورام الحيوانية .

ويجرى النشاط العلمى حالياً فى أماكن كثيرة لدراسة كافة الظروف المناسبة لتربية مزارع الأنسجة النباتية الطبيعية والورمية . وتشمل الدراسات تأثير الأيونات الغذائية ومصادر الطاقة ، والمواد الغذائية العضوية الخاصة ، والمواد الغذائية والفيتامينات والهورمونات ، ودرجات الحرارة والضوء ، ودرجات الحموضة والضغط الأسموزى وغيرها . وقد أسفرت هذه الدراسات عن بيانات ومعلومات ضافية عن احتياجات الأنسجة النباتية وما يمكن تحقيقه بتغيير الأحوال البيئية . أما معلوماتنا عن احتياجات مزارع الأنسجة الحيوانية فأقل بكثير . والواقع أن صورة هذا الموضوع قد تغيرت خلال العشر السنوات الأخيرة تغيراً شاملا ، حتى أصبحنا نحاول الآن دراسة مزارع الأنسجة الحيوانية بالطرق التى ثبت نجاحها فى دراسة الأنسجة النباتية . ومن المأمول أن يصبح فى الإمكان تيسير المشاكل الغذائية المعقدة التى تتضمنها الطرق الكلاسيكية فى تربية مزارع الأنسجة الحيوانية والتى تعتمد على وسط غذائى من مخلوط عصير جنينى وبلازما الدم .

والعقبة التى تواجه تقدم الدراسات فى هـذا الميدان العلمى الفسيح هى قلة الأفراد العلميين ذوى الكفاءة والمران على النهوض بأعباء هذه الدراسات . والأمل وطيد فى أن هذه العقبة ستجد الحل المناسب خلال السنوات القليلة المقبلة .

الجزء الرابع

الأوراق الخضراء والأوراق الحمراء

الفصل الأول ــ عملية التمثيل الضوئى تأليف : يوجين ا . رابينووتش

الفصل الثانى ــ ألوان الخريف . تأليف : كينيث ف . ثمان

الفصل الأول

عملية التمثيل الضوئى

مازالت عملية التمثيل الضوئى إحدى الموضوعات البيولوجية التى لم نتوصل بعد إلى الإدراك الكامل لأسرارها . أساس هذه العملية هو القدرة على تخليق المركبات العضوية من الماء وثانى أكسيد الكربون فى وجود الضوء . ولعل الشىء الذى بينته البحوث التى أجريت خلال السنين الأخيرة هو أن العملية أكثر تعقيداً مما كان مظنونا . ورغم كل الجهود المضنية والدراسات المستفيضة فلم يتسن بعد فصل هذه العملية عن غيرها من العمليات الحيوية التى تتم فى الخلية . ومن ثم لم تتح الفرصة لتحليلها إلى مجموعة من التفاعلات الكيميائية الأساسية . والواضح أن عملية التمثيل الضوئى كغيرها من مجموعات التفاعلات التى تتم عن الخلية ، ترتبط بتركيب الخلية ، حتى ليصعب أو يستحيل تكرارها خارج الخلية : ويمكننا أن نتصور وجود عدد من الأنزيمات التى تدخل فى سلسلة متتابعة من التحولات الكيميائية : هذه الأنزيمات منتظمة فى إطار يتيح لها التحكم فى العمليات الكيميائية بحيث توجه

كل جزىء كيميائى فى طريقه المحدد فى مراحل متتابعة من سلسلة التحولات ، لا يخرج عنها . والسبب الواضح لأهمية هذا التنظيم الآلى لعملية التمثيل الضوئى أنها تتضمن تكوين الكثير من المركبات الوسطية غير الثابتة التى لا يمكن السماح لها بالتحرك الحر فى مجال التفاعلات وإلا فقدت كيانها بالاتحاد مع غيرها من المواد . ولذلك لا تترك المركبات الناتجة إطار الأنزيمات قبل أن يكون قد تم تحويلها إلى جزىء أكسجين فى طرف ومركب عضوى (سكر) فى الطرف الآخر .

وقد تجمعت لدينا بيانات كثيرة عن تركيب الجهاز الذى يقوم بعملية التمثيل الضوئى . فالكوروفيل هو الوسيط الأساسى ، ويوجد فى أجسام صغيرة داخل الخلية تسمى البلاستيدات الخضراء . ويبدو أن مادة الكلوروفيل تتركز فى حبيبات أصغر فى داخل تلك البلاستيدات . وقد أظهر الفحص بالميكروسكوب الإلكترونى أن هذه الحبيبات الخضراء ،أسطوانية الشكل يبلغ قطرها حوالى نصف ميكرون وارتفاعها حوالى خُمس ميكرون ، وكثيراً ما تتفكك هذه الأسطوانة إلى ٢٠ أو ٣٠ قرصا رقيقا . من المعتقد أن هذه الأقراص تتكون أساساً من مواد بروتينية وأنها تتلاصق بمادة شبه دهنية . ولا توجد الحبيبات الخضراء فى بلاستيدات بعض النباتات وخاصة الطحالب ،

تتكون البلاستيدة من صفائح رقيقة متوازية تسمى الرقائق . على أن الفحص بالميكروسكوب الإلكترونى بعد تحسينه ، أظهر أن البلاستيدات الحبيبية تحوى أيضاً رقائق تمتد خلال جسم البلاستيدة جميعاً . ويبدو أن هذه الرقائق تتغلظ فى بعض المناطق فتكون أجسام الحبيبات الخضراء التى تبدو كأنها منفصلة عن الرقائق الأصلية .

أى ضوء تلقيه هذه الحقائق التى تكشفت لنا من إدراكنا لوضع مادة الكلوروفيل ودورها فى عمليات التمثيل الضوئى . المعروف أن جزىء مادة الكلوروفيل أشبه ما يكون بأبى دنيبة (فرخ الضفدع) فله جسم أخضر اللون ، مربع الشكل كالرأس المفلطح هو كلوروفيلين وذنب طويل ليس له لون ومربوط فى أحد أركان الرأس وهو كحول فيتول . ولما كانت القاعدة فى العلاقات بين الجزيئات العضوية أن الشىء ينجذب إلى شبيهه ويجذبه ، ولما كان لرأس جزىء الكلوروفيل قطبان أحدهما موجب والآخر سالب ، ولما كان جزىء الماء مركبا قطبيا أيضا فإن رأس جزىء الكلوروفيل تنجذب إلى جزىء الماء . ويقال عن مثل هذه المركبات إنها محبة للماء ، أما ذنب الكلوروفيل فهو مركب غير قطبي ولا يجذب الماء ويقال عنه إنه مركب كاره للماء . والمعروف أن البروتينات مركبات محبة للماء ، وأن الدهون مركبات كارهة للماء . ويقال إن مادة الكلوروفيل تتجمع فيما بين الرقائق البروتينية والطبقات

الدهنية فى البلاستيدة ، وتكون رءوسها داخلة فى البروتين وذيولها مغموسة فى الدهن . هذه الصورة الافتراضية قريبة إلى القبول .

ومن الفروض المعقولة ، أن الرقائق البروتينية فى البلاستيدة الخضراء هى المجال الذى تتم فيه مجموعة العمليات الكيميائية المتتابعة التى يتكون منها التمثيل الضوئى . وتأخذ بعض البروتينات وظيفة الأنزيمات الأساسية بينما يأخذ بعضها الآخر وظائف مساعدة . أما الطبقات الدهنية التى بين الرقائق فهى المسالك التى تسرى فيها المركبات العضوية الوسطية غير القطبية من الرقائق البروتينية وإليها . أما العمليات الكيميائية الحرة التى يتضمنها التمثيل الضوئى ولا تتقيد بتركيب الحبيبات فقد تتم خارج الحبيبات الخضراء ، أو حتى خارج البلاستيدة نفسها .

وأقرب التفاعلات المعملية إلى عملية التمثيل الضوئى ، هى « تفاعيل هيل » ومجمله أن البلاستيدات الخضراء إذا نزعت عن الخلايا، ووضعت فى الماء وعرض الجميع لضوء الشمس ، فإن الماء يتأكسد وينطلق منه غاز الأكسيجين . وليتسنى لهذه العملية الاستمرار يلزم إضافة مادة مؤكسدة مثل أملاح الحديديك أو الفيرايسيانيد أو الكينون أو بعض الأصباغ العضوية ، والذى يؤكسد الماء فى عملية التمثيل الضوئى هو ثانى أكسيد الكربون ، ويحتاج مثل هذا التفاعل إلى طاقة كبيرة ، لأن الماء يمسك فى

حرص شديد بذرات الإيدروجين فيه ، وثانى أكسيد الكربون لا يقبل ذرات الإيدروجين بسهولة ، والطاقة المطلوبة لهذه العملية تأتى من ضوء الشمس ، حيث يختزنها النبات على شكل طاقة كيميائية . ونذكر هنا أن المواد المؤكسدة التى تستعمل فى تفاعل هيل تتقبل الأيدروجين بسهولة أكبر من ثانى أكسيد الكربون . ولذلك فإن هذا التفاعل لا يختزن من الطاقة إلا القليل إذا قورن بعملية التمثيل الضوئى الطبيعية .

وقد حاول كثير من الباحثين تعديل تفاعل هيل باستعمال مؤكسدات أقل قبولا للإيدروجين ، والقصد من ذلك زيادة الطاقة المختزنة وتقريب التفاعل إلى العملية الطبيعية . ولكن الصعوبة الأساسية التى تلاقيها هذه التجارب هى عدم ثبات المركبات الوسطية واتجاهها نحو التفاعل عكسيا . ويمكن تشبيه ذلك بكرة مطاطة تقذف إلى السقف فترتد مالم يمسكها فى السقف شىء . ففى الخلية الحية تتولى بعض الأنزيمات إمساك المركبات الوسطية ، وذلك فى مستوى الطاقة العالية التى استخلصتها من ضوء الشمس على أن هذه الأنزيمات تفقد عادة تحضير البلاستيدات الخضراء معمليا لإجراء تفاعل هيل ، فالمشكلة هى التعرف على هذه الأنزيمات وتحديد مناهج عملها .

أجريت تجارب لاختراع مصايد صناعية لمسك المركبات الوسطية ومجمل هذه التجارب ، وهى أساسا استمرار لتفاعل هيل ، ويستعمل فيها

كعامل مؤكسد مادة نيوكليوتيد البيريدين ، وهى أقل قليلا فى قبولها للأيدروجين من ثانى أكسيد الكربون ، ويستعمل حمض البيروفيك كماسك ، مع إضافة بعض الأنزيمات التى توجه الأيدروجين نحو الماسك . وكان المأمول أن تأخذ الأنزيمات بعض ذرات الأيدروجين المدفوعة إلى نيوكليوتيد البيريدين ، ثم توجهها إلى حمض البيروفيك قبل أن ترتد إلى أصلها ولما كانت نواتج اختزال حمض البيروفيك ثابتة نسبيا ، فإن المتوقع أن بعض النواتج الوسطية لأكسدة الماء التى لا تجد مواد مرافقة غير ثابتة لتتفاعل معها قد تتحول إلى أكسجين ينطلق خارج الخلية . وقد نجحت هذه التجارب ، وأدى حمض البيروفيك دوره وتم اختزال بعضه ، وانطلق قدر متناسب من الأوكسجين الحر إلى الهواء . ولكن هذا القدر كان ضئيلا جدا ، أى أن التفاعل لم يصل إلى المستوى العالى من الكفاءة الذى تتميز به التمثيل الضوئى ، وهذه الكفاءة العالية فى الخلية ترجع غالبا إلى الصفات التركيبية لعوامل إمساك المركبات الوسطية . هذه الصفات تختفى عندما تتحطم الخلية فى عمليات استخلاص البلاستيدات الخضراء التى تستعمل فى التجارب المعملية .

وفى عام ١٩٤٨ اكتشف العالم الروسى كراسنوفسكى تفاعلا كيميائيا لمحلول الكلوروفيل وأجريت تجربة أخرى يطلق عليها «تفاعل كراسنوفسكى» قد يكون له علاقة بالنهج الذى يتبعه الكلوروفيل المعرض

للضوء فى توسطه لنقل الإيدروجين من الماء إلى ثانى أكسيد الكربون.
فى هذا التفاعل عرض كراسنوفسكى محلول الكلوروفيل فى البيريدين للضوء بعد إضافة حمض الأسقربيك (فيتامين حـ) . والمعروف عن حمض الأسقربيك أنه عامل مختزل متوسط الفاعلية . ونتج عن هذا التفاعل تأكسد الحمض ، واختزال الكلوروفيل حتى أصبح لونه ورديا.
ولما أبعد الضوء عاد التفاعل فى طريقه العكسى ، وتزداد سرعة النكوص بإضافة عامل مؤكسد كالهواء أو الكينون وتكون النتيجة النهائية هى أكسدة حمض الأسقربيك واختزال العامل المؤكد (الهواء أوالكينون) فى هذه الحالة يقوم الكلوروفيل بوظيفة عامل مساعد كما هى حاله فى عملية التمثيل الضوئى . ومن الطبيعى أن أخذ ذرات الأيدروجين من حمض الأسقربيك أسهل بكثير من أخذها من الماء . من ذلك يتضح أن علاقة تفاعل كراسنوفسكى بتفاعل هيل مثل علاقة الأخير بعملية التمثيل الضوئى ، فتفاعل هيل يؤثر على الماء (عامل مختزل) فيأخذ منه ذرات الإيدروجين شأنه فى ذلك شأن عملية التمثيل الضوئى ، ولكنه يحتاج إلى عامل مؤكسد أكثر نشاطاً وتقبلا الأيدروجين من ثانى أكسيد الكربون . أما تفاعل كراسنوفسكى فيعتمد على نفس العوامل المؤكسدة التى يستعملها تفاعل هيل (مثل الكينون) ويحتاج أيضاً إلى عوامل مختزلة أكثر تساهلا فى إعطاء الأيدروجين من الماء .

فى مجموعة من الدراسات الأخرى فى عام ١٩٣٧ ، ظهر أن فى الإمكان أكسدة الكلوروفيل بوساطة أملاح الحديديك ، وتزداد درجة الأكسدة فى وجود الضوء . وفى هذه التفاعلات تخترق كميات متواضعة من الطاقة الضوئية ، على شكل طاقة كيميائية ويتضح من ذلك أن الكلوروفيل مادة ذات خصائص غريبة إذ يمكن أن تقوم بدورى العامل المختزل والعامل المؤكسد ، وربما تقوم بأحد الدورين أو كليهما فى عملية التمثيل الضوئى . والأمر يحتاج إلى مزيد من التجارب فى الكيمياء الضوئية لمستحضرات الكلوروفيل ، سواء كانت على هيئة محاليل أو تحضيرات غروية أو جزيئات بلورية ، وطبقات جزيئية يتمثل فيها الشكل النظرى لانتظام جزيئات الكلوروفيل فى الخلية الحية .

والعمل الكيميائى الأساسى فى عملية التمثيل الضوئى هو اختزال ثانى أكسيد الكربون وتحويله إلى مادة كربوايدراتية ، ومنها تشتق كافة المواد العضوية . وقد ذكرنا فيما سبق بعض التجارب التى تناولت امتصاص الطاقة الضوئية وتحرير الأكسجين من الماء ، وتوجيه الإيدروجين نحو مواد تتقبله بدرجات متفاوتة . هذه المواد الأخيرة هى الجسر الذى يصل بين الوجه الأول لعملية التمثيل الضوئى وهو المتميز بتجميع الطاقة ، والوجه الثانى وهو المتميز بأنه العملية الكيميائية والفكرة الشائعة حاليا بين الإخصائيين هى وجود مادة تتقبل

الأيدروجين مرتبطة بحبيبات الكلوروفيل . وتتولى هذه المادة استخلاص وقبول الإيدروجين من الماء فى وجود الضوء ، ثم توجه هذا الأيدروجين ، دون الحاجة إلى الضوء ، نحو المادة التى تؤدى وظيفة العامل المؤكسد سواء كانت هذه المادة هى ثانى أكسيد الكربون أو الكينون أو نيوكليوتيد البيريدين . فإذا لم يجد حامل الأيدروجين مايتقبله منه فإنه يفقد نشاطه فى مدى ثوان بدخوله فى تفاعلات عكسية ويعتقد بعض الباحثين أن الخلية الحية تستطيع الاحتفاظ بقدرتها على الاختزال لدقائق عديدة بعد إطفاء النور .

السؤال التالى هو : كيف يؤثر حامل الأيدروجين على ثانى أكسيد الكربون فيحوله إلى مادة كربوايدراتية ؟ عاون على إجابة هذا السؤال استعمال النظائر المشعة فى هذه البحوث . فإذا أدخلنا إلى الخلية ثانى أكسيد الكربون المشع ، ثم تركنا العملية الضوئية لثوان قليلة ، ثم قتلنا الخلية وحللنا محتوياتها فإن ذلك يكشف لنا بعض الغوامض . أظهرت مثل هذه التجارب أن أول مركب من نواتج عملية التمثيل الضوئى يحوى كربون مشع هو الفسفوجليسريك ، وهو نتيجة اتحاد حمض الفسفوريك مع حمض الجليسريك . التركيب الكيميائى لحمض الجليسريك هو ك٣ يد٦ ا٤ ، أى أنه يمثل منتصف الطريق بين ثانى أكسيد الكربون (ك ا٢) والجلوكوز (ك٦ يد١٢ ا٦) ، وذلك بالنسبة

لعدد ذرات الكربون . أما بالنسبة لمستوى الاختزال فهو يمثل أكثر من منتصف الطريق ، فالنسبة بين الإيدروجين إلى الأكسجين تساوى صفر فى ثانى أكسيد الكربون ، وتساوى ١½ : ١ فى حمض الجلسريك ، وتساوى ٢ : ١ فى الجلوكوز . ومن هذا يتضح أن هذا الحمض يمثل مرحلة متوسطة فى الطريق من ثانى أكسيد الكربون إلى السكريات . وربما بدأت العملية بدخول ثانى أكسيد الكربون إلى بعض المركبات العضوية الموجودة فى الخلية ، ثم يتعرض هذا الناتج الجديد للاختزال فى ضوء الشمس وينتج عنه حمض الجلسريك . ويتلو ذلك تفاعلات ينتج عنها تحول حمض الجلسريك إلى الجوكوز وانطلاق المركب العضوى الذى دخل إليه ثانى أكسيد الكربون ، ومع انطلاقه يصبح حرا ليكرر الدورة من جديد . هذا التصوير لعملية التمثيل الضوئى يتابع اطراد زيادة سلسلة الكربون ، ثم اختزالها إلى مادة كربوايدراتية ، وهو تصوير طبيعى ومقبول من جانب علماء الكيمياء الحيوية . فهم يعللون مراحل عمليات التنفس تعليلا مشابها . على أساس أنها عكس عملية التمثيل الضوئى ، لأنها تتضمن تحلل مركبات عضوية كالجلوكوز وتأكسدها إلى الماء وثانى أكسيد الكربون .

وقد أظهرت الدراسات الحديثة التى اعتمدت على استعمال النظائر المشعة ، أن جزىء ثانى أكسيد الكربون يمكن أن يدخل إلى جزىء

ثنائى فسفات البنتوز ، والبنتوز هو نوع من الكربوايدرات مثل السكر ، غير أنه يختلف باحتواء الجزىء على خمس ذرات من الكربون ، أما السكاكر العادية كالجلوكوز واللاكتوز ، فيحتوى الجزىء منها على ست ذرات من الكربون . بإضافة ثانى أكسيد الكربون إلى البنتوز فى وجود الماء يمكن تكوين جزيئين من حمض الجلسريك :

ك ا٢ + ك٥ يد١٠ ا٥ + يد٢ ا ← ٢ ك٣ يد٦ ا٤

وقد ثبت أن الخلية النباتية الخضراء تحوى أنزيماً يساعد هذا التفاعل إذا أعيد فى أنبوبة الاختبار . والمراحل التى يمر فيها الكربون فى عملية التمثيل الضوئى ، تبدأ بتكوين حمض الجلسريك من تفاعل ثانى أكسيد الكربون والبنتوز ، ثم يأتى دور حامل الإيدروجين الذى يتكون فى الضوء ، فيعمل على سحب ذرة أوكسيجين من حمض الجلسريك وينتج عن ذلك مادة ثلاثية الكربون ، أى سكر ذو ذرات ثلاث من الكربون : ك٣ يد٦ ا٣ ويمكن التعبير عن هذا التفاعل بالمعادلة :

ك٣ يد٦ ا٤ + ٢ يد ← ك٣ يد٦ ا٣ + يد٢ ا

والخطوة الختامية هى تحول بعض المادة الثلاثية إلى سكريات سداسية ، وتحول البعض الآخر إلى بنتوز يتلقى ثانى أكسيد الكربون ويعيد الدورة من جديد .

وقد أوضحت الدراسات التى تلت هذا التصوير لآلية المراحل

المتابعة فى عملية التمثيل الضوئى ، الحاجة إلى تعديله . فحمض الجلسريك لايقوم بدور رئيسى فى الخطوات المتتابعة لعملية التمثيل الضوئى . بل يقوم بدوره مركب آخر تعبر عنه المعادلة $ك_٦ يد_{١٠} ا_٧$ ، ويمكن أن يتحلل هذا المركب إلى جزيئين من حمض الجلسريك . ويحدث هذا فعلا فى الخلية عندما تقتل فى الكحول المغلى . واختزال هذا الجزىء ($ك_٦ يد_{١٠} ا_٧$) بأربع ذرات إيدروجين (من حامل الإيدروجين المتكون فى الضوء) ينتج سكر سداسى وماء . ومن هنا يمكن أيضاً أن يتحول التفاعل إلى تكوين مادة البنتوز التى تتلق ثانى أكسيد الكربون لتبدأ من جديد دورة التفاعل من مراحلها الأولى .

ويظهر أن هذا التعديل الأخير هو الأكثر قبولا فى الوقت الحاضر ، وفيه تصوير لمراحل تحول ثانى أكسيد الكربون إلى سكاكر سداسية بمعاونة عامل اختزال (حامل إيدروجين) يتكون فى الضوء من الماء . وربما تمخض المستقبل عن نظريات جديدة لشرح ميكانيكية العملية . فمقارنة التمثيل الضوئى بالتنفس ، تبين أن عملية التنفس تسلك طرقا عديدة مختلفة ، وكذلك عملية التمثيل الضوئى قد لا تتخذ لها طريقا واحداً فى كل الحالات وفى كل الكائنات . ذلك لأن مراحل الخطوات البناءة فى التمثيل الضوئى قد تتفرع وتعود إلى الاتصال على المستويات المتتابعة ، وربما تتقابل مع بعض الخطوات الهادمة فى

عملية التنفس . وخلال مواضع التقابل قد تسرى بعض النواتج المتوسطة لعمليات التنفس صاعدة إلى مجالات البناء فى عملية التمثيل ، كما أن بعض النواتج الوسطية لعملية التمثيل قد تسرى هابطة إلى مجالات عمليات التنفس .

الفصل الثانى

ألوان الخريف

يشعر سكان المناطق الشمالية الشرقية من أمريكا بأن فصل الصيف قصير ، ولكنه ينتهى فى مهرجان رائع تلبس فيه الأشجار حللها الزاهية كأنها تودعه ، فالتامول فى لونه الذهبى الهادئ ، والاسفندان فى لونه القرمزى النارى ، والبلوط الأحمر والسماق فى ألوانها الحمراء ، كلها ذات أوراق غنية بالألوان المختلفة مما يجعلها تشبه إلى حد كبير زهور الصيف . وهذا تشبيه واقعى لأن كثيراً من الأصباغ التى تلون أوراق الخريف هى نفسها التى تكون زهور الصيف .

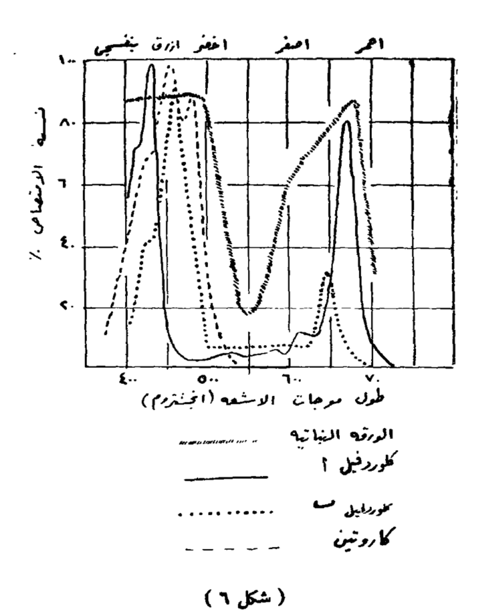
عندما يأتى الخريف يتغير لون أوراق الشجر ، فالأصباغ الأصلية تحول ألوانها أو تقصر ، وتتكون أصباغ جديدة وأبسط التحولات فى اللون هى الاصفرار ، ويحدث فى التامول والحدر والغرغار وأشجار كثيرة غيرها ، بل وفى أغلب نباتات الحدائق إذا قاربت حياتها إلى النهاية. والأصباغ الصفراء التى تظهر لأول مرة فى الخريف ، هى فى الواقع

موجودة قبل ذلك ، بل موجودة على الدوام ، ولكنها كانت غير ظاهرة نتيجة لتغلب لون المادة الخضراء المسماة بالكلوروفيل .

وليتسنى لنا إدراك هذه التغيرات فى اللون ، يحسن أن نتفهم كيف يظهر اللون . فمن المعلوم أن الضوء الأبيض يتضمن أشعة الطيف التى تتراوح أطوالى موجاتها بين ٤٠٠ و ٧١٠ أنجشتروم (جزء من المليون من المليمتر) . فإذا سقط هذا الضوء الأبيض على سطح يحتوى بعض الأصباغ فإنها تمتص بعض الأشعة ذات الأطوال الخاصة دون غيرها . ولو فرضنا أن نوعا من الأصباغ يمتص أشعة الطيف القصيرة (التى تظهر للعين بنفسجية اللون) فالواقع أنه يمتص أغلب الأشعة البنفسجية وقليل من الأشعة الزرقاء ، ويبقى من الضوء الأبيض خليط من الأشعة الحمراء والصفراء والخضراء وقليل من الأشعة الزرقاء . هذا الخليط يرتد إلى البصر ويبدو للعين أصفر اللون . أى أن :

اللون الأبيض ــ اللون البنفسجى = اللون الأصفر .

ولكل صبغة طيف امتصاص خاص ، يعبر عنه عادة بمنحنى بيانى يظهر مدى امتصاص الصبغة لأشعة الضوء ذات الأطوال المختلفة . ويبين الرسم (شكل ٦) طيف الامتصاص لورقة نباتية كاملة (ورقة اسفناخ) ، ولبعض الأصباغ التى توجد فى أغلب الأوراق وهى الصبغة الصفراء بالكاروتين ، ونوعان من الأصباغ الخضراء تسمى بالكلوروفيل أ



(شكل ٦)

رسم بيانى يوضح طيف الامتصاص فى الورقة النباتية والأصباغ الرئيسية فيها .

والكلوروفيل ب . ولما كانت أصباغ الكلوروفيل تمتص الأشعة الزرقاء والحمراء ، ولا تكاد تمتص شيئا من الأشعة الخضراء ، فإن العين الناظرة إلى الورقة ترى أساساً اللون الأخضر مع قليل من اللون الأصفر والأقل من الأزرق والبنفسجى . كما يدل الرسم على أن الصبغة الصفراء ، وهى الكاروتين ، تمتص أساسا اللون الأزرق والبنفسجى ، وهى أضواء تمتصها أيضا أصباغ الكلوروفيل ، ولذلك فإن الصبغة الصفراء لا يكاد يظهر لها أثر فى لون الورقة ، أى أن العين لا تكاد تشعر بوجودها . ويبين الرسم أيضا أن طيف امتصاص الورقة هو مجموعة أطياف امتصاص الأصباغ المختلفة الموجودة بها ، والأشعة التى لا تمتصها الورقة فترتد إلى أبصارنا هى الأشعة الخضراء .

أما فى الخريف ، فإن ألوان أصباغ الكلوروفيل تقصر بالتدريج ويبدأ ظهور الصبغة الصفراء . أما أسباب تغير أصباغ الكلوروفيل وقصور ألوانها فما تزال غوامض تحتاج إلى مزيد من الدراسات والاستجلاء . على أن المفهوم أن هذا التغير يصاحب الشيخوخة ، ويرجع إلى تفتت المواد البروتينية فى خلايا الورقة ، ومادة الكلوروفيل مرتبطة ببعض هذه البروتينات ولذلك فسرعان ما تفقد تماسكها .

على أن روعة ألوان الخريف تعتمد على الألوان الحمراء . ومن الواضح أن الأصباغ الحمراء تظهر فى مستهل الخريف ، إذ لا يكون لها

وجود خلال الصيف . وربما يلاحظ أن بعض الأوراق الصبية التى
تتكون فى الربيع تحوى بعض الأصباغ الحمراء ، ولكن هذه الأصباغ
سرعان ما تختفى عندما تنضج الورقة . وهناك نباتات قليلة مثل بعض
أصناف الذرة والزان تظل أوراقا حمراء طول موسم النمو . والألوان
الحمراء التى تتكون فى الخريف تدبع بمجموعة من الأصباغ تختلف عن
ألوان الصيف ، وتشبه الأصباغ التى تعطى الأزهار ألوانها وتسمى
مجموعة أصباغ الأنثوسيانين وتشتمل على أصباغ زرقاء وأرجوانية
وحمراء . والأمر المدهش أن لون هذه الأصباغ كما نراها فى الأزهار قد
يختلف عن لون الصبغة فى حالتها النقية . فالوردة ذات اللون الأحمر القانى
تحوى نفس الصبغة (سيانين) التى تحويها أزهار العنبر الأزرق .
وسبب ذلك أن مادة الصبغة تتأثر بالمواد الأخرى التى تحويها الخلية
النباتية فيتغير نظامها الكيميائى ومن ثم يتغير لونها .

وتختلف أصباغ الأنثوسيانين ، عن الأصباغ الخضراء والصفراء فى
أمرين أساسيين . الأول أنها أصباغ قابلة للذوبان فى الماء ، بينما لا يقبل
الكلوروفيل ولا الكاروتين وأضرابهما الذوبان إلا فى الزيوت
والمذيبات العضوية . والأمر الثانى هو أنه نتيجة لقابلية أصباغ
الأنثوسيانين للذوبان فى الماء فإنها توجد ذائبة فى العصير الخلوى ، بينما
توجد الأصباغ الخضراء والصفراء فى الكلورو بلاستيدات الموجودة

فى خلايا الورقة . ولم تتناول الدراسات والبحوث بالاستفاضة والتعمق نشأة أصباغ الأنثوسيانين وتكوينها فى النبات ، ولذلك فما زالت معارفنا عنها محدودة . ورغم اعتماد الإنسان فى حياته على المنتجات النباتية ، فإن الجهود العلمية التى تبذل لدراسة طرق تكون هذه المنتجات مازال محدودة . والواقع أننا نعرف القليل عن المواد الرئيسية كالسكريات والنشاء والبروتينات . أما المواد الدقيقة كالعقاقير والأصباغ والفيتامينات والعطور وغيرها فمعارفنا عن طرق تكوينها تكاد تكون معدومة . ومن الغريب أن تفاصيل التركيب الكيميائى لأغلب هذه المواد قد تمت معرفته ، ولكن طرق تكوينها فى النبات مازال مبهماً .

وقد لقيت مواد الأنثوسيانين اهتماما مستفيضا من علماء الكيمياء العضوية ، شأنها فى ذلك شأن أغلب المركبات النباتية . وتم التعرف على تركيبها الكيميائى بل أمكن تخليق الكثير منها صناعيا . ولكن التعرف على كيفية تكوينها فى الخلية النباتية ما زال بعيداً .

إن دراسة ميكانيكية تكوين المواد يقتضى اختيار الأجزاء النباتية المناسبة ، فالأزهار وأوراق الخريف قصيرة العمر ، وأفضل نسيج نباتى هو ما يمكن تربيته فى مزارع لمدد طويلة ، وينتج مادة الانثوسيانين طوله حياته . وقد أجريت دراسات على بعض البادرات الحمراء كبادرات قمح البقر ، والكرنب الأحمر ، وبعض النباتات التى تحمر

أوراقها فى الصيف . كما تناولت هذه الدراسات نبات عدس الماء ولهذا النبات ميزة إمكان زراعته فى محاصيل غذائية ، وقد سبق الـكلام عن وصفها وعن تكاثرها عند الـكلام عن شكل الورقة فى أحد الفصول السابقة . وتـكون بعض نباتات عدس الماء على الأسطح السفلية من أجسامها الطافية على سطح الماء ، أصباغا أرجوانية اللون من مجموعة الانثوسيانين . وفى الإمكان قياس تركيز هـذه الأصباغ . ومن التجارب التى أجراها مؤلف هذا الفصل أنه زرع نباتات عدس الماء على أوساط غدائية معينة ، فى حجرات ذات ضوء صناعى حيث يمكن التحكم فى شدة الضوء ودرجات الحرارة ، والتعرف على ظروف تـكون مواد الأنثوسيانين فى أجسام نباتات عدس الماء يفتح الطريق لفهم طبيعة ألوان الخريف ؛ فاتضح أولا أن الضوء عامل مهم ، وكلما ازدادت شدته زاد تركيز الأصباغ ، كما اتضح ثانياً أن للحرارة أثراً فعالا ، إذ تقلل الحرارة المرتفعة من تـكوين اللون . ونذكر فى هذا الصدد أن الجو الصافى البارد فى الخريف فى نيوإنجلند تصاحبه الألوان الزاهية لأوراق الشجر ، بينما دفء الجو وتلبده بالغيوم فى الخريف فى إنجلترا يجعل لون الأوراق أقتم ، ويغلب عليها الصفرة والبنية ، ولا يتـكون إلا القليل من أصباغ الأنثوسيانين . ولهذا الفرق أثره على مشاعر الناس بالنسبة للخريف ، كما يتضح من أقوال الشعراء الإنجليز

حيث يعبرون عن الخريف بأنه فصل الأوراق الميتة المتساقطة التى تتقاذفها الرياح .

وقد دلت الدراسات العملية أيضاً على أهمية السكريات فى إنتاج هذه الأصباغ . وعرف علماء النبات فى أواخر القرن الماضى أن أغلب النباتات المائية يحمر لونها إذا هى طفت على محلول سكرى وتعرضت لضوء الشمس . كما أن التجارب الحديثة أظهرت أن نباتات عدس الماء تنتج مزيداً من أصباغ الأنثوسيانين إذا هى نمت طافية على محلول سكرى ، وقد يتكون النزر اليسير من الأنثوسيانين من مادة السكر فى الظلام ، ولكن الضوء يزيد من سرعة هذا التصبغ . أى أن الضوء لازم لعملية التمثيل الضوئى ، كما هو لازم أيضاً لعملية أخرى تنتج عنها مادة الأنثوسيانين من السكر فكلا الضوء والسكر هام بالنسبة لتكوين هذه الأصباغ .

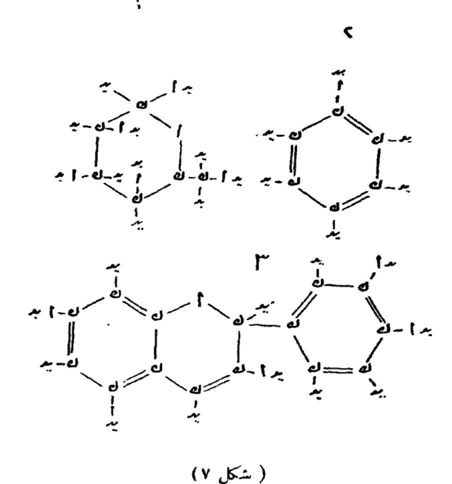
المعروف أن السكر عندما يتأكسد أو يتخمر فى الخلية النباتية يحتاج لوجود مادة الفوسفات ، لأن السكر لايتحلل إلا بعد أن يتحد بمادة الفوسفات . ولما درست علاقة الفوسفات بتكوين مادة الأنثوسيانين ظهر أن بعض الفوسفات الكثير يزيد من تكوين هذه الأصباغ فى عدس الماء . ويدل ذلك على أن مادة الأنثوسيانين تتكون نتيجة لتراكم السكر الذى يقل تحلله من قلة الفوسفات . والتفاعلات التى تؤدى إلى تكوين الأنثوسيانين من السكر تختلف تماما عن تلك التى تؤدى إلى

تحلل السكر فى عمليات التنفس حيث يقوم الفوسفات بدور هام .
ويبدو أيضاً أن لعنصر النحاس أثراً هاما ، فقد شوهد أنه لو أضيف للمحلول الغذائى مادة لها القدرة على التفاعل مع الموجود فى النحاس المحلول بحيث لا يستفيد منه النبات ، فإن مادة الأنثوسيانين لا تتكون .
وتأثير الفوسفات يذكرنا بما يلاحظه المشتغلون بالبحوث الزراعية من ظهور اللون الأحمر أو الأرجوانى فى أوراق نباتات المحاصيل كدليل على نقص مادة الفوسفات فى التربة ، أى أن ظهور اللون الأحمر يؤخذ كمظهر من مظاهر الجوع ونقص الأغذية . ونذكر أيضاً فى هذا الصدد ما أثبته العالم الفرنسى راءول كومبس منذ عدة سنوات ، من أن الكثير من المواد الغذائية ، ومنها الفوسفات ، تنتقل من الأوراق إلى السوق عندما يحل الخريف ، وبذلك تقل مادة الفوسفات فى خلايا الأوراق .

والخلاصة التى يمكن الوصول إليها من كل ماسبق . أن هناك تفاعلا خاصا يمكن ضمن عمليات الأيض السكرى فى النبات ، تتحول فيه السكريات بمعاونة الضوء إلى مواد الأنثوسيانين ، وربما أيضاً إلى غيرها من المركبات النباتية الخاصة . ولكن التفسير الكامل لألوان الخريف يتضمن أربعة عوامل على الأقل (١) الشيخوخة الطبيعية للورقة والتى ينتج عنها انتقال مركبات الفوسفات والنتروجين من

الورقة إلى الساق، (٢) الاستمرار فى تكوين السكريات مادام الجو صحواً والشمس ساطعة، (٣) وجود التفاعل الكيميائى الخاص بتحول السكر إلى الصبغ الأحمر وهو يختلف من نبات إلى آخر، (٤) حرارة الجو، فربما كان لدرجات حرارة ليالى الخريف الباردة أثر فى تحويل النشاء إلى سكر، وبذلك يزداد تركيزه فى الخلايا.

إن فهمنا لطريقة تكوين ألوان الخريف، قد يفتح الآفاق لفهم مشاكل أعمق فى الكيمياء العضوية وفى البيولوجيا. فالسكريات كالجلوكوز تتبع طائفة من المركبات العضوية تسمى المركبات الأليفاتية تنتظم فيها ذرات الكربون على نسق سلسلة. وفى جزىء الجلوكوز توجد سلسلة تنتظم ست ذرات من الكربون تتصل الذرة الأولى بالذرة الخامسة عبر ذرة أكسجين بينما تتخذ الذرة السادسة موضعاً جانبياً. ولكن مركبات الأنثوسيانين تتبع طائفة أخرى من المواد العضوية تسمى المركبات العطرية، وفيها تنتظم ذرات الكربون الست فى حلقة بنزينية فيها وتتخذ ذرات الاكسجين — إن وجدت — مواضع جانبية من الحلقة ومادة الفينول تعتبر نموذجا للمركبات العطرية، وتتضمن جميع مواد الأنثوسيانين نفس نظام مادة الفينول. والصبغة الموجودة فى نبات عدس الماء، بل وفى أغلب الأوراق الحمراء والأرجوانية، هى مركب من مشتقات الفينول يسمى السيانيدين مع بعض السكاكر.



(شكل ٧)

شكل توضيحى للتركيب الكيميائى لسكر بسيط (١) يبين نظام المركب الأليفاتى ، وتركيب الكيميائى للفينول (٢) يبين نظام المركب العطرى وبه حلقة الكربون السداسية ، والتركيب الكيميائى لصبغة السيانين التى تتكون فى أوراق الخريف (٣) وبها حلقتان سداسيتان (عطرية) .

أما كيف تتكون المواد العطرية فى الطبيعة، فأمر ما زال يكتنفه الغموض، ويحتاج للمزيد من الدراسة، فالنتائج الأولية لعملية التمثيل الضوئى، وهى العملية الأساسية التى ينتج عنها — بطريق مباشر أو غير مباشر — الغذاء والوقود والكساء والعقاقير والفيتامينات وغيرها هى بالتأكيد مركبات أليفاتية كالسكريات أو الأحماض العضوية المرتبطة بها. ويتحتم أن نفترض أن المركبات العطرية تنشأ من المركبات الأليفاتية نتيجة لتفاعلات ثانوية. فلو بدأت تلك التفاعلات من سكر لاستلزم الأمر إعادة تنظيم التركيب الأليفاتى لتدخل ذرات الكربون الست فى الحلقة، وتكون النتيجة مركبا له حلقة بنزينية شأن المركبات العطرية. وهذا تغيير أساسى لم يتسن إجراء شبيه له فى التجارب المعملية ولكن يبدو أنه تغيير يحدث فى يسر داخل الخلية النباتية، ومن المحتمل أن هذا التغير يتضمن عمليات متعددة من تفتيت، وإعادة تركيب لجزئيات السكر. والتركيب الكيميائى لصبغة السيانيدين يتضمن حلقتى بنزين يربطهما جسر مكون من ثلاث ذرات من الكربون. ولما كان انقسام جزىء السكر سداسى الكربون ينتج نصفين بكل منهما ثلاث ذرات من الكربون، فمن المعقول أن نظن أن جسر الذرات الثلاث يرجع إلى أصل سكرى، ولو أن هذا الظن لم يتيسر التحقق منه بعد. إلا أننا نلاحظ أن مواد الأنثوسيانين وغيرها من المركبات العطرية توجد عادة داخل

النبات فى تركيب مشترك مع السكريات ، مما يدل على أنها من أصل مشترك .

ومن المركبات العطرية التى توجد فى الطبيعة مواد البنزين والنفثالين ولجنين الخشب ومادة الكينول وبعض الفيتامينات والكثير من العقاقير كالمورفين والاستركنين والكينين وأغلب الأصباغ الطبيعية ، ويضاف إليها أيضا أصباغ الأنثوسيانين فى الأزهار وأوراق الخريف . وأصل كل هذه المواد هو البنزين والفينول والنفثالين ، ويستخرج هذه المواد من قطران الفحم وهو نتاج نباتات قديمة ماتت من زمن بعيد . وكل هذه النواتج والمشتقات هى أساس فرع جديد من فروع العلم هو الكيمياء التحليقية . وليس من المبالغة أن نقول إن البنزين هو مفتاح المدنية الحديثة ، ودراسة طرق تكوين مواد الأنثوسيانين قد تزيد معارفنا عن طرق تكوين مادة البنزين فى الطبيعة أى أن دراسة ألوان الخريف ، وهى دراسة يخيل أنها قليلة الأهمية فى علوم الحياة ، قد تقودنا إلى التعرف على أساسيات نشاط الكائن الحى ، وعندما يتضح إدراكنا لحقائق التلوين فقد يساعدنا ذلك على تفهم الكثير من أسرار الحياة .

الجزء الخامس

ديناميكا الحياة النباتية

الفصل الأول - الحركة فى النبات
الفصل الثانى – صعود الماء فى النبات
تأليف . . فيكتور ر جريلاك

الفصل الأول

الحركة فى النبات

عندما نتساءل عن الفرق بين الحيوان والنبات ، فإن أول مايتبادر إلى أذهاننا هو أن الحيوانات كائنات متحركة ، والنباتات كائنات ساكنة . والواقع أن هذا غير صحيح : فبعض الحيوانات كالمرجان والإسفنج وقثاء البحر تبقى طوال الشطر الأكبر من حياتها مثبتة فى أماكنها ، بينما الكثير من النباتات قادر على الحركة والانتقال من مكان إلى آخر ، فبعض أنواع العفن المخاطى تنزلق على جذوع الأشجار الخاوية ، بواسطة أطراف كاذبة ، فتشبه فى ذلك انزلاق الأميبا . وتسبح أنواع كثيرة من الدياتومات بقوة اندفاعها الذاتى ، حتى لتبدو تحت الميكروسكوب وهى تشق طريقها كأنها السفن الصغيرة . والفكرة السائدة عن هذه الكائنات النباتية أنها تتحرك بقوة سريان مادة البروتوبلازم خلال فتحة جانبية فى جسمها ، وهى فى ذلك أشبه بالبواخر القديمة ذات المحركات الجانبية . على أن أغلب النباتات السابحة تتحرك بواسطة أعضاء سوطية الشكل ،

تسمى أسواطا إذا كان عددها قليلا ، وتسمى أهدابا إذا كان عددها كثيرا . وهذه المجموعة من الكائنات النباتية تشمل بعض أنواع الطحالب والبكتيريا ، والجراثيم السابحة لكثير من الطحالب والفطر وبعض النباتات غير الزهرية . والحركة السوطية أسرع عادة من الحركة بسريان البروتوبلازم حتى إن سرعة بعض الكائنات السوطية قد تبلغ ثلاثة أقدام فى الساعة ، وهى سرعة هائلة جدا بالنسبة لحجم هذه الكائنات الدقيقة . فالرجل الذى يجرى بسرعة مائة ياردة فى أقل من عشر ثوان ، يقطع مسافة تعادل طوله سبع مرات فى الثانية ، والطائرة النفاثة التى تطير بسرعة ٦٥٠ ميلا فى الساعة تقطع مسافة تعادل طولها ٢٥ مرة فى الثانية . والجراثيم السابحة لبعض الفطر تقطع مسافة قدر طولها بسرعة تعادل سرعة الطائرة النفاثة . أما البكتيريا السوطية فتتحرك بسرعة تعادل طولها ٣٢ مرة فى الثانية ، والجرثومة السابحة لنوع من فطرة الاكتينوبلانس تتحرك بسرعة تعادل طولها ٩٩ مرة فى الثانية ، ولو كان للإنسان أن يجرى بمثل هذه السرعة بالنسبة لحجمه لبلغت سرعة الفعلية ٤٠٠ ميل فى الساعة .

وقد أصبحت أسواط هذه الكائنات موضوع دراسات مستفيضة وخاصة بعد اختراع الميكروسكوب الإلكترونى وقد ظهر أن أسواط الكائنات النباتية والحيوانية والأسواط الذيلية للحيوانات المنوية تتشابه جميعاً فى احتواء كل منها على أحد عشر خيطا ، منها خيطان

وسطيان رفيعان ، وتسعة خيوط خارجية غليظة . والحركات السوطية السريعة تسببها انقباضات توافقية تتتابع فى السوط بادئة من أحد الجوانب ثم فى الجانب الآخر ، وتحدث هذه الحركات نتيجة لانقباضات فى البروتينات التى تكون خيوط السوط ، وهى فى ذلك تشبه ما يحدث لبروتينات العضلات .

على أننا لم نقصد فى هذا الفصل أن نتحدث عن الحركة الانتقالية فى الكائنات الدقيقة ، إنما قصدنا تناول الحركات التى تمارسها الأعضاء المختلفة من النباتات العادية . وهى حركات تتسم بالبطء ويمكن تصنيفها إلى ثلاثة أنواع رئيسية :

تحركات تمايلية	Nutations
تحركات تماوتية	Nasties
تحركات انتحائية	Tropisms

أما التحركات التمايلية ، فهى الالتفاف اللولبي للساق فى أثناء نموه على نحو ما تفعل المتسلقات كالعنب . فالساق تنمو ، ويحدث ذلك بأن ينمو جانبي قمة الساق بسرعة مختلفة ، فالنمو أسرع فى أحد الجانبين لفترة ثم يصبح أسرع فى الجانب الآخر لفترة تالية ثم أسرع فى الجانب الأول وهكذا ، ونتيجة لهذا الاختلاف فى سرعة نمو جانبي قمة الساق يلتف الساق المتسلق حول عماده . وهذه الحركات تتأثر بعوامل داخلية فى جسم النبات دون المؤثرات الخارجية .

أما التحركات التفاوتية ففيها طرافة خاصة ، ومثالها هو تحركات أجزاء الزهرة وهى تتفتح عن أكمامها . تنتج هذه التحركات عن استجابات متفاوتة الأجزاء المختلفة من العضو النباتى إذا تعرضت لمؤثر خارجى معين . فإذا وضع برعم زهرى فى حجرة دافئة ، فإن ارتفاع درجة الحرارة يسبب نمو السطح الداخلى للبتلات بسرعة تفوق سرعة نمو السطح الخارجى ، وينتج عن ذلك تفتح البتلات . وقد يسبب انخفاض درجة الحرارة انعكاس التحرك فتقفل الزهرة ، كما يحدث فى زهور الزعفران . وارتخاء أوراق نبات الأذينة ليلا وانتصابها نهاراً ، هى حركات تفاوتية استجابة للضوء . كذلك أوراق الزربيح التى تتخذ وضعا أفقيا فى أثناء النهار ووضعا رأسيا فى أثناء الليل، وزهور الحضيض التى تقفل ليلا وتتفتح نهاراً ، أما زهور ورد المسا فتتفتح ليلا وتقفل نهاراً .

وتتأثر أوراق النباتات إذا عوملت بالهورمونات النباتية أو إذا تعرضت لغاز الأثيلين وأضرابه فتنحنى إلى أسفل . وقد ظهر أن وجود القليل من غاز الأثيلين بما لا يجاوز جزءا من عشرة ملايين جزء من الهواء ، يؤثر على أوراق الطماطم فتنحنى إلى أسفل ؛ وبذلك يمكن استعمال نبات الطماطم للكشف عن وجود هذا الغاز إذا تسرب من الأنابيب .

أما التحركات الانتحائية فهى الانحناء استجابة لمؤثر خارجى .
فنحن نعلم أن النبات الذى ينمو داخل الحجرة ينحنى نحو مصدر الضوء جهة النافذة . والقول بأن هذا الانحناء أساسه البحث عن الضوء، يعنى أننا نضفى على النبات قوة الإدراك والغائية فى الحركة ، وهذا خطأ إنما الواقع أن انحناء النبات مرجعه إلى أن الضوء يقلل تركيز المواد المنشطة للنمو وهى الأكسين فى جانب الساق المعرض للضوء ، ولذلك تكون سرعة نمو الجانب الآخر (البعيد عن الضوء) أكثر .
وهذا التفاوت فى سرعة النمو فى جانبي الساق يسبب انحناءه نحو مصدر الضوء . والواقع أن تأثير الضوء يقع على قمة الساق النامية وهى المكان الذى تتكون فيه مادة الأكسين دون الساق ذاتها .

ويتأثر النبات بالجاذبية ، فينتحى الساق رأسيا فى الهواء ، وينتحى الجذر رأسياً نحو الأرض حتى إذا وضع نبات كامل فى وضع أفقى ، فإن طرف الساق ينحنى إلى أعلا وطرف الجذر ينحنى إلى أسفل .
ويرجع ذلك أيضاً إلى تأثير الأكسين على النمو ؛ فعندما يكون النبات فى وضع أفقى ، فإن الأكسين يسرى نحو الجانب الأسفل ويسبب ذلك تنشيطاً زائداً فى نمو الجانب الأسفل للساق فينحنى طرفه إلى أعلى ، ويسبب تركيز الأكسين تثبيطا لنمو الخلايا الجذرية فينحنى طرف الجذر إلى أسفل . ومرجع ذلك إلى أن تركيز الأكسين ينشط نمو خلايا الساق

ويثبط نمو خلايا الجذر . تسمى هذه الظاهرة ، ظاهرة الانتحاء الأرضى ولولا وجودها لأصبحت الزراعة عملية عسيرة جداً ، فهى التى تتيح لنا بذر بذور النبات على أى جانب منها ونحن فى اطمئنان إلى أن الساق ستنمو ضاربة إلى أعلى ، وأن الجذر سينمو إلى أسفل ضاربا فى الأرض . ولو أن النمو اتجه حسب وضع القمة النامية فى البذرة لاستحال النمو السليم للمحاصيل ، ولخرجت السوق من الأرض فى اتجاهات مختلفة متفرقة بل ربما نمت السوق ضاربة فى الأرض وارتفعت الجذور ضاربة فى الهواء !

وتتميز بعض النباتات التى تتسلق بالالتفاف أو بالمحاليق ، بنوع من انتحاء اللمس . فإذا لمس المحلاق جسما صلباً فإن خلايا الجهة البعيدة عن اللمس تستطيل بسرعة بينما تنكمش خلايا الجهة الملامسة لهذا الجسم وينتج عن هذا التفاف المحلاق حول الجسم على نحو حلزونى . والاستجابة لهذا التلامس قد تحدث فى دقيقة واحدة أو نحو ذلك مما يدل على أن هناك تأثير للضغط بالإضافة إلى تأثير النمو .

ومن المعتقدات الشائعة أن الجذور تنتحى متأثرة بالماء ، مما يسبب اتجاهها نحو الأرض الرطبة . ويبدو أنه اعتقاد خاطىء ، إذ دلت الدراسات الحديثة على أن انتحاء جذور النباتات نحو الماء قاصر على بعض النباتات القليلة ، أو لعله لا يوجد أصلا . أما ما يشاهد من ازدحام

التربة الرطبة بالنمو الجذرى وخاصة قرب المصارف والقنوات ، فتعليله أن الظروف تناسب نمو الجذور وفريعاتها فيزداد النمو الجذرى .

وهناك نوع آخر من التحركات النباتية يرجع إلى انتفاخ الخلايا أو تقلصها ، وتسمى تحركات الانبعاج . والعامل الأساسى هو الماء الذى يسرى إلى الخلية أو منها فتنتفخ أو تنكمش . نضرب لذلك مثلا بالثغور التى توجد فى الأوراق . والثغر هو فتحة بين خليتين حارستين ، فإذا امتلأت الخليتان بالماء انبعجتا وانفرجت المسافة بينهما فتتسع فتحة الثغر . أما إذا فقدت الخليتان بعض مائهما ، فإنهما تنكمشان ، وتضيق فتحة الثغر أو تغلق . وغالباً ما يغلق الثغر أثناء الليل ؛ إذ تتوقف عملية التمثيل الضوئى ، ويقل المحتوى السكرى لعصير الخلايا الحارسة ، فيقل تبعاً لذلك ضغطها الأسموزى مما يسبب سريان الماء منها إلى الخلايا المجاورة ، فتنكمش الخلايا الحارسة وتضيق المسافة بينها . حتى إذا أشرق الصباح ونشطت عملية التمثيل الضوئى وزاد المحتوى السكرى للخلايا الحارسة ، ارتفع تبعاً لذلك ضغطها الأسموزى وسرى إليها الماء من الخلايا المجاورة فتنتفخ وتتسع المسافة بينها ويفتح الثغر .

ومن أمثلة التحركات الانبعاجية ما تسمى بحركات النوم فى نباتات العائلة البقولية ، ونباتات الحميض وغيرها . ووريقات هذه النباتات تنطوى أثناء الليل أو عندما يقل الماء بها . وسبب ذلك أن لكل وريقة

انتفاخاً عند قاعدتها كالوسادة تستند إليه ، فإذا قل ماؤه تدلت الوريقات منطوية . ومن التحركات الانبعاجية التى تحدث بسرعة ، انطواء وريقات نبات المستحية الحساس إذا لمستها اليد ، أو تعرضت للحرارة أو للتيار الكهربائى أو للأثير . أما فى أزهار نبات عود الريح فإن الأسدية التى تحمل حبوب اللقاح تتأثر باللمس ، فإذا لامستها حشرة سرعان ما تنحنى السداة إلى الداخل ناثرة حبوب اللقاح على جسم الحشرة. وأما فى أزهار نبات التكومة الأمريكية ونبات الكتلبة وغيرها ، فإن لمس الحشرات يسبب انضمام فصى الميسم ـ والطريف فى هذا الشأن أن الفصوص تعود إلى التباعد بعد دقائق قليلة ، إلا إذا تعلق بها بعض حبوب اللقاح فى أثناء لمس الحشرة فعندئذ تبقى مضمومة .

ونذكر فى هذا المجال أيضاً تحركات أوراق بعض النباتات آكلة الحشرات ، مثل نبات خناق الذباب . ولورقة هذا النبات نوع من المفصل عند العرق الأوسط ، فإذا سقطت الحشرة على السطح العلوى للورقة ، انطوى نصفا الورقة . وقد دلت المشاهدات على أن الورقة تنصفق بعد لمستين متواليتين ، وتتم عملية الانصفاق فى حوالى نصف ثانية بعد اللمسة الثانية ، فإذا صارت الورقة حشرة أو أى جسم يحتوى على بروتين فإنها تبقى مغلقة وتبدأ فى عصر الفريسة بشد أطراف الورقة إلى بعضها البعض . ونبات حامول الماء مثل آخر للنباتات التى تتغذى على الحشرات،

ولهذه النباتات حوصلات كالمثانات الصغيرة كل منها مصيدة لها باب مفصلى ذو زناد حساس . فإذا لمست هذا الزناد حشرة سابحة أوحيوان مائى دقيق ، تذبذب الباب مسبباً تياراً مائياً يحمل الفريسة إلى داخل المثانة ، حتى إذا تم ذلك أغلق الباب ، وتبقى الفريسة فى المثانة حتى تموت وتفرز عليها العصارات الهاضمة ، ثم تتهيأ المصيدة لصيد جديد . ومثال آخر للنبات آكلة الحشرات ، نبات ورد الشمس ذو الأوراق الصغيرة اللزجة التى تغطيها شعيرات طويلة كالأطراف اللامسة . فإذا هبطت حشرة على سطح الورقة اللزج وتعثرت عليه ، امتدت الشعيرات حول الفريسة حتى إذا لامستها بدأت الغدد الموجودة فى رءوسها فى إفراز الإنزيمات الهاضمة . وحركة هذه الشعيرات هى حركات نمو وليست حركات انبعاجية .

تناولنا فى هذا الفصل التحركات النباتية ، سواء الانتقالية أو التمايلية أو التفاوتية أو الانتحائية أو الانبعاجية أوغيرها ، وكل هذا بالإضافة إلى الحركة التى لا تنقطع داخل جسم النبات ، ومنها حركة الماء والغذاء ، وانتقال المواد من الخلايا وإليها ، والعدد الذى لا يحصى من التحولات والتفاعلات الحيكيميائية . والنبات الذى يبدو للعين فى الحقل ساكناً لا يكدح ولا يدور ، هو فى الواقع كائن ممتلىء بالنشاط الداخل .

الفصل الثانى

صعود الماء فى النبات

المعروف عن شجرة الخشب الأحمر التى تنمو فى كاليفورنيا أنها شجرة عظيمة الارتفاع ، ولكن شجرة التنوب الدوجلى التى تنمو فى الشمال الغربى لأمريكا على ساحل المحيط الهادى ، أكثر ارتفاعاً إذ يبلغ طول جزع بعضها ٤٠٠ قدم ، وهذا يعنى أن الماء يرتفع مسافة رأسية تقرب من ٤٥٠ قدما (حوالى ١٥٠ مترا) ليصل من الجذور الضاربة فى الأرض إلى الأوراق فى أعلى الساق . فمن أين للشجرة القوة على رفع الماء إلى تلك المسافة ؟ هذا السؤال حير علماء النبات طوال المائتى السنة الماضية ، ومازال يحيط به إلى يومنا هذا بعض الغموض . وقد ظهرت فى غضون هذه المدة الطويلة آراء لقيت القبول ثم أثبت التمحيص خطأها . على أن القسيس العالم الإنجليزى ستيفن هالز نشر فى ١٧٢٧ كتاباً عن علم النبات تضمن بعض الأسس التى بنى عليها علم وظائف الأعضاء النباتية ، واستغرق وصف دراساته وتجاربه عن ارتفاع الماء فى الساق الجزء

الأكبر من كتابه . ومن المدهش حقاً أن دراسة هالز ونظرياته تتفق مع النظريات الحديثة فى هذا الشأن ، ذلك لأنه تناول العاملين الرئيسيين فى رفع المــاء فدرس أحدهما فى استفاضة ، وألمح إلى الآخر .

والسؤال الجوهرى فى هــــذا الموضوع هو : ما هى الحقائق والمشاهدات التى تحتاج إلى تعليل نظرى ؟ أولا ، إيجاد تعليل نظرى لمصدر القوة الكبيرة التى ترفع المــاء ٤٥٠ قدماً ، الأمر الذى يحتاج إلى ضغط أو جذب يعادل ٢١٠ أرطال على البوصة المربعة . فإذا أضفنا إلى ذلك الاحتكاك بين المــاء وجدران الأنابيب التى يرتفع فيها الماء كان علينا أن نضاعف القوة التى تلزم لرفع المــاء ، أى حوالى ٤٢٠ رطلا على البوصة المربعة .

ثانياً ، يلزم أن تعلل النظرية السرعة التى يتم بها رفع المــاء خلال جذوع الشجر . فنى بعض الأشجار يرتفع الماء بسرعة ١٥٠ قدما فى الساعة ، ويقدر ما يلزم رفعه من المــاء فى جذع نخلة ، وتنمو فى إحدى الواحات الصحراوية ، بحوالى ١٠٠ جالون من الماء فى اليوم وهو يعادل ما تفقده النخلة من ماء النتح .

ثالثاً ، هذا التفسير يجب أن يكون متفقاً مع حقائق علم التشريح النباتى وعلم وظائف الأعضاء . فالمــاء يرتفع خلال الخشب أو الأنسجة الخشبية . فى هذه الأنسجة خلايا ميتة أى أنها جدران تحيط بفراغ

والأوعية التى توصل الماء فى أشجار الصنوبريات تسمى بالقصيبات ، والقصيبة خلية ذات شكل مغزلى ويبلغ $\frac{٣}{١٦}$ طولها من البوصة وقطرها ٠٫٠٠١٢ من البوصة . أما فى الأشجار الخشبية الأخرى فالقصيبات قليلة والأوعية التى يرتفع فيها الماء تسمى القصبات ، وتتكون القصبة من سلسلة من الخلايا ذهبت جدرانها الطرفية ، وقد يصل طول القصبة الواحدة إلى ما يزيد على ٣ أقدام (حوالى متر) ويصل قطرها إلى ٠٫٠١٥ من البوصة .

المشكلة إذن هى التعرف على ميكانيكية ارتفاع السائل خلال هذه الأنابيب غير الحية . ولعل أول ما يتبادر إلى ذهن الرجل العادى هو أن الارتفاع يتم بخاصة الشعرية ، وهو رأى تذكره بعض كتب البيولوجيا . ولكن الواقع أن الارتفاع الشعرى لا يمكن أن يزيد فى أضيق الأوعية الخشبية على خمس أقدام . أما فى القصبات الكبيرة فلا يزيد الارتفاع الشعرى على بوصتين أو ثلاث . ولقد أشار بعضهم إلى أنابيب دقيقة توجد فى جدرات القصيبات والقصبات . وقالوا إن الارتفاع الشعرى يكون خلالها ، ولكن الواقع هو أن الماء يمر خلال فراغات الأنابيب ولا يمر خلال جدرانها . كما تكلم الكثيرون عن النظرية الحيوية التى تقول إن للخلايا البرانشمية الحية التى تحيط بالأنابيب الخشبية دخلا فى عملية صعود الماء . وقد أثبتت التجارب

خطأ هذه النظرية لأن الماء يمكن أن يصعد خلال الساق حتى بعد موته ، وقد أجرى فى هذا الصدد العالم الألمانى إدوارد ستراسبرجر تجربة هائلة بأن قطع شجرة بلوط طولها ٧٠ قدما وغمس طرفها المقطوع فى حوض مملوء بحمض البكريك الذى يقتل الخلايا الحية ، ثم رفعها من هذا الحوض ووضعها فى الماء فوجد أن الماء ما يزال يصعد إلى قمة الشجرة . .

ومن التعليلات الأكثر قبولا ، ما يسمى بنظرية الضغط الجذرى التى انبثقت من دراسات هالز التى سبق الإشارة إليها . وجد هالز أن لجذور النباتات ضغطا يرجع إلى امتصاصها الأسموزى لماء الأرض . واقترح هالز أن هذا الضغط هو القوة التى تدفع الماء إلى أعلى الساق . ولكن الواقع أن هذا تعليل جزئى كما تبين هالز نفسه ، لأن الضغط الجذرى لا يمكن أن يدفع الماء إلى الارتفاعات الشاهقة فى الأشجار العالية . يضاف إلى ذلك أن بعض النباتات لا يوجد لجذوره ضغط على الإطلاق ، وأخيراً فإن الضغط الجذرى — إن وجد — لا يمكن أن يعلل ارتفاع الماء بالسرعة التى أشرنا إليها سابقاً .

والتعليل الذى يبدو منسجماً مع المشاهدات جميعاً ، يرجع فضل اقتراحه إلى عالم أيرلندى اسمه ديكسون وتلميذه جولى (١٨٩٥) . وقد سمى هذا التعليل بأسماء كثيرة منها : نظرية التماسك ، نظرية تيار

النتح ، نظرية النتح والتماسك التوترى ، نظرية ديكسون ويمكن أن تسمى نظرية توتر الساق، وهذه التسمية أدق تعبيراً كما أنها تقابل تعبير ضغط الجذر .

تعتمد هذه النظرية على إحدى خواص الماء وهى التماسك ، ذلك أن الماء الخالى من الغازات الكثيرة إذا حبس فى أنبوبة رفيعة لايدخلها الهواء ، فإن مقاومته للشد عظيمة . وقد يحتمل مثل هذا العمود قوة شد تصل إلى ٥٠٠ رطل على البوصة المربعة . وقد ثبت أن العصارة النباتية لا تبلغ هذه القدرة على احتمال الشد ، ولكن قدرتها تبلغ ٣٠٠٠ رطل على البوصة المربعة . ويمكن نظريا لمثل هذه القوة أن ترفع عموداً من العصير الخلوى إلى ارتفاع ٦٥٠٠ قدم أى ما يكفى لرفع الماء إلى قمة أطول شجرة . معنى هذا أن العصير الخلوى يمكن أن يحتمل الشد ، فما هى القوة التى تشده ؟ الواقع أن القوة لا تأتى على شكل ضغط زائد من أسفل يدفع السائل إلى أعلى ، إنما هى ضغط منخفض فى القمة ، هو ضغط انتشار الماء فى خلايا الأوراق والخلايا الحية الأخرى فى الساق . الذى يحدث أن الخلايا تفقد جزءاً من مائها فى عمليات النتح والهضم والنمو وغيرها من عمليات الأيض . ويتبع ذلك انخفاض فى الضغط الانتشارى للماء داخل هذه الخلايا مما يسبب سريان الماء من الأنابيب الخشبية إلى الخلايا بقوة الظاهرة الأسموزية وبذلك يتعرض عمود الماء المتصل

بين الجذر فى أسفل والأوراق فى أعلى للشد نحو الأوراق . يتبع ذلك انخفاض ضغط الانتشار المائى فى خلايا الجذر فيسرى الماء من التربة إلى داخل الأنسجة الجذرية .

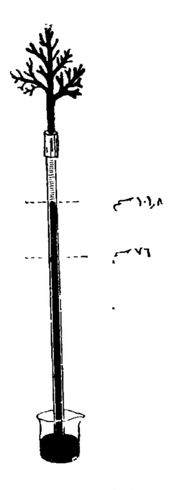
إن قوة الشد التى تنشأ فى خلايا الساق تزيد على ما يكفى لرفع الماء إلى قمم أكثر الأشجار ارتفاعا . وقد ظهر أن لجدران القصيبات والقصبات القدرة على احتمال مرور الماء تحت هذه الضغوط العالية ، ويبدو أن هذه الأنابيب تمنع دخول الهواء إلى الحد الذى يكفى لنجاح وصول الماء إلى أعلى الشجرة . ويقدر الفرق بين ضغط الماء فى خلايا الأوراق وضغطه فى خلايا الجذر بما يتراوح بين ٣٠٠ و ٤٠٠ رطل للبوصة المربعة ، وقد يزيد على ذلك . وربما كان للحد الأقصى للشد الذى يمكن أن يتولد داخل نوع معين من الشجرة أثر على تحديد أقصى ارتفاع يمكن أن تنمو إليه الشجرة . وتكفى قوة شد الساق لتعليل أقصى سرعة يرتفع بها الماء فى النبات ، فالواقع أن الماء يرتفع بنفس السرعة التى يستهلك بها فى البخر أو النتح أو عمليات الأيض ، وذلك إذا وجدت كميات الماء الكافية فى التربة .

ولا يوجد اعتراض نظرى على هذا التعليل لصعود الماء فى سوق النباتات وجذوع الأشجار . ولكن الواقع أن الكفاءة التى يتم بها انتقال الماء من الجذور إلى الأوراق تبدو فى حاجة إلى مزيد من الشرح .

فلماذا لا تنقطع أوصال أعمدة الماء عندما تتمايل الشجرة بقوة الرياح العاصفة ؟ لماذا لا يتأثر النظام كله إذا قطع فرع من فروع الشجرة حتى ولو كان فرعا كبيراً ؟ ليس فى الإمكان حالياً الإجابة عن هذه الاستفسارات ، ولكنها لا تقلل من قيمة الأسس العامة للنظرية المقترحة .

وهناك دلائل تؤيد وجود قوة الشد فى الساق . منها أنه إذا عريت إحدى القصبات ، ثم ثقبت بأبرة رفيعة فإن عمود الماء فيها ينهار مما يدل على أنه عمود تحت قوة شد وليست قوة ضغط . وفى تجربة قام بها العالم الأمريكى « ثت » بأن ثبت غصناً فى أنبوبة زجاجية مليئة بماء خال من الهواء ، ومغمور طرفها الآخر فى حوض به زئبق على نحو ما هو مبين بالرسم . فوجد أن الزئبق يرتفع فى الأنبوبة إلى مسافة ٤٠ بوصة (١٠١و٨ سم) وهى مسافة تزيد بحوالى عشر بوصات على قوة الضغط الجوى (٧٦ سم) ، وارتفاع الزئبق هذا يعادل ارتفاع الماء إلى ٤٦ قدماً (شكل٨) .

ويبدو من هذا كله أن القوة المسماة بشد الساق تعلل صعود الماء فى أغلب النباتات فى أكثر الأحوال ، كما أن القوة المسماة بضغط الجذر تعلل صعود الماء فى بعض النباتات فى بعض الأحوال . ولنختم هذا الحديث بمراجعة ما كتبه هالز منذ نحو مائتى عام فى كتابه عن النبات



(شكل ٨)

جهاز لإثبات قوة شد الساق . أنبوبة ممتلئة بالماء ركب في طرفها الأعلى فرع من نبات ، وغمس طرفها الأسفل في حوض زئبق . إذا كان الضغط الجوى قادراً على أن يحفظ الزئبق على ارتفاع ٧٦ سم في الأنبوبة ، فإن فرع النبات قادر على أن يرفع الزئبق إلى ارتفاع ١٠١٫٨ سم في الأنبوبة .

إذ يقول فى خلاصة استنتاجاته : « تدل هـذه التجارب الأخيرة على أن أوعية العصارة الشعرية برغم امتصاصها للماء بغزارة ، فإن قدرتها قليلة على رفعه إلى أعلى دون معاونة الأوراق النافحة وهى التى تدفع العصارة فى تقدمها » . ولهالز العذر إذا ظن أن عملية النتح لازمة ، لأن الكثيرين من علماء النبات المعاصرين يظنون أن عملية النتح إحدى عناصر قوة شـد الساق . والواقع أن أى استهلاك للماء يولد نقصاً وينتج عنه قوة جذب .

الجزء السادس

نشأة العشيرة النباتية

الفصل الأول : الأشجار الخناقة . . . تأليف : تيودوسياس دبزهانسكى وجواموركو بيريس

الفصل الثانى : نباتات جزيرة كراكاتاو } تأليف : فريتس و . فنت

الفصل الثالث : بيئة النباتات الصحراوية }

الفصل الرابع : كيمياء العلاقات الاجتماعية فى عالم النبات تأليف جيمس بونار

الفصل الخامس: إخصاب الأزهار . . . . . تأليف : فيرن جرانت

الفصل الأول

الأشجار الخناقة

يقال إن التطور العضوى فى الكائنات هو نتيجة الطفرات الاعتباطية والانتقاء الطبيعى . ولكنا نتساءل عن بعض الأوجه المعقدة لظاهرة الملاءمة الوظيفية التى نشاهدها فى بعض الكائنات ، وكيف يمكن أن تكون نتيجة الطفرات الاعتباطية . لنأخذ مثلا تركيب العين البشرية ، وهى عضو غاية فى التعقيد ، يتكون من أجزاء بينها انتظام وتنسيق رائع حقاً ، هل يمكن أن يكون مثل هذا العضو نتيجة لتجمع مئات أو آلاف من الطفرات الموفقة المتتابعة ؟

سنتناول فى هذا الفصل واحداً من أمثلة الملاءمة الوظيفية المدهشة فى دنيا النبات ، والتى تتمثل فيها مراحل متتابعة للتطور . يوجد فى بعض غابات مناطق الأمطار الاستوائية أنواع من النباتات تسمى الأشجار الخناقة . يبدأ النبات حياته كبادرة تنمو متسلقة جذوع أشجار الغابة أو فروعها ، ويزداد نموها والتفافها حول عائلها وتحيطه بشبكة من جذورها ثم تظل به حتى تقتله خنقاً وتقف مكانه كشجرة مستقلة .

تعليل وجود هذه النباتات التى تتبع أنواعا وأجناساً عديدة ، أن التنافس بين نباتات الغابة شديد ، وخاصة فيما يتعلق بضوء الشمس فالنبات الصغير الذى ينشأ فى أرض الغابة لايمكن أن يطول به العمر إلا إذا شق لنفسه طريقاً خلال خمائل الغابة العالية وقد وجدت النباتات الخانقة طريقها لحل هذه المشكلة بتسلق الأشجار . ويبدو من متابعة قصة حياة هذه الأشجار الغريبة كأنها مدبرة نحو غاية واضحة ،وهى أن تجد لنفسها مكانا تحت الشمس فى الغابات الكثيفة التى توجد فى المناطق الحارة . أما كيف نشأ هذا النموذج لظاهرة الملاءمة بين الكائن الحى وظروف بيئته ، فهو موضوع هذا الفصل الذى قد يفضى إلى تعليل مقبول .

لنبدأ أولا بالتعرف على قصة حياة واحدة من هذه الأشجار الخناقة ولتكن شجرة التين البرازيلى الخناق . تنبت بذور هذا النبات على فروع الأشجار العالية ، أما كيف تصل هذه البذور إلى تلك الفروع العالية فلا يعرف على وجه التحديد ، على أن المعتقد أن الطيور والخفافيش التى تأكل الثمار تحمل معها البذور إلى هذه المواضع المرتفعة تنبت البذرة وتنمو البادرة ، وللبادرة أوراق تنمو إلى أعلى نحو ضوء الشمس ، ولها نوعان من الجذور : جذور تنمو حول فرع الشجرة أو جذعها ، وجذور تتدلى نحو أرض الغابة . وتمتص جذور النوع الأول الماء والغذاء

مما يتجمع فى شقوق قلف الشجرة ، ولا يعنى ذلك تطفلا على الشجرة لأنها لا تمتص منها شيئاً من الغذاء أو الماء ، إنها تنمو عالقة عليها . حتى إذا وصلت جذور النوع الثانى (المدلاة) إلى أرض الغابة ، ووجدت لها مكاناً فى تربتها ، ازداد نمو النبات بسرعة وبدأت الجذور تغلظ وتقوى وتزداد تفرعاتها والتفافها حول الشجرة العمادية حتى لتغطيها بشبكة متماسكة قوية . وعند هـذا الحد يبدو منظر الشجرة الضخمة غريباً وهى محاطة بهذا السياج الفتاك حتى لتذكرنا ببعض المناظر المتناقضة التى نجدها فى الرسوم السريالية ، على أن فيهـا أيضاً صورة لجلال الحياة ومقاصدها .

ويتبع ذلك فى مراحل الحياة ، مرحلة اغتيال الشجرة العمادية . يحدث ذلك ليس فقط نتيجة لضيق الشبكة الجذرية حتى لتمنع اطراد نمو الشجرة وتغلظها ، وإنما أيضاً لأن الشبكة تضيق لتهصر الشجرة هصراً ، ومن دلائل ذلك أن هذه النباتات الخناقه تغتال أشجار النخيل وهى أشجار لا تتغلظ جذوعها بل تنمو طولا . وبينما تموت الشجرة الضحية خنقا تستمر جذور التين الخناق فى النمو والتغلظ حتى تخفى جذع الشجرة الأصلى ، وتنمو عن الجذور ساندات جانبية تمكن التين من الاعتماد على نفسه ، حتى إذا تم موت الضحية أصبح التين

الخناق نباتاً مستقلا قائما له هامة ذات فروع وأوراق . وتصل بعض هذه النباتات إلى أحجام ضخمة تنافس فى الطول وضخامة الجذع عمالقة الغابات ، وفى المرحلة الختامية للنمر قد يتم اختفاء معالم هذا الماضى السفاك ، ويبدو جذع التين الخناق وهو فى الواقع نسيج متماسك من الجذور ، غريب الهيئة لكثرة الساندات الجانبية التى تشبه الحبال المجدولة أو الألواح الضخمة ، على أنها قد تتخذ فى بعض الأحوال شكلا أسطوانيا عاديا . وتنكشف حقيقة ماضيها إذا قطعنا جزءاً من الشبكة الجذرية ، عندئذ نجد فى الداخل فجوة بها البقايا المتعفنة للشجرة الضحية . وقد شوهد عند بلدة « بلم » على مصب نهر الأمازون شجرة «تين خناق» نامية على مدخنة مصنع للطوب مهجور منذ نحو سبعين سنة ، وقد كاد يتم اختفاء المدخنة .

والتين البرازيلى الخناق نبات يتبع العائلة التوتية ، وهو واحد من عدة أنواع من النباتات الخناقة توجد فى غابات البرازيل ، والمناطق المطيرة من أستراليا ونيوزيلندا وأماكن أخرى . هذا من ناحية التوزيع الجغرافى ؛ أما من ناحية تطور صفات النباتات الخناقة ، فهناك بعض الحقائق الهامة التى يجب أن نذكرها . هناك كثير من النباتات التى تشبه الخناقات ولكنها لا تغتال الأشجار التى تلتف حولها . مثال ذلك نبات برازيلى من جنس يسمى كلوزيا ويشبه بعض أنواع التين الخناق فى كل مراحل الحياة

عدا مرحلة اغتيال العماد ، ففى أعالى أشجار الغابة توجد أوراق الـكلوزيا الجلدية ذات اللون الأحمر الداكن ، وأزهارها الأخاذة ذات اللون الوردى ، مختلطة مع فروع الشجرة العادية وأوراقها دون أن تصرعهـا . ولذلك فالـكلوزيا تمثل إحدى خطوات تطور صفات النباتات الخناقة ففيها صفات الملاءمة للاعتماد على شجرة أخرى كسناد تربط نفسها به وترتفع نحو ضوء الشمس ، ولـكنها لا تغتال الشجرة التى اعتمدت عليها وعندما تموت الشجرة العادية يبدو أن الـكلوزيا تموت معها ، على أن التأكد من ذلك يحتاج إلى المزيد من الملاحظة .

على أن هناك نباتات أخرى تتبع العائلة التوتية أيضا ، وتوجد فى البرازيل ، وتتمثل فيها خطوات أدنى فى تطور النباتات الخناقة ، نذكر منها ثلاثة أجناس : قوصاپوا وپوروما ، وسقروبيا . هذه النباتات تختلف عن التين الخناق وعن الـكلوزيا فى مراحل النمو الأولى، فبذورها تنبت على أرض الغابة ولا تنبت متعلقة بجذوع الأشجار وفروعها ، وقد يستمر نموها على أرض الغابة دون الحاجة إلى تسلق أشجار عمادية ، ولـكن إذا وجدت العماد فهى تتسلقه .

ومن الأمور المدهشة أن ظاهرة التسلق الخانق موجودة فى عدد من العائلات النباتية التى لا تربطها وشائج القربى : ففى غابات نيوزيلندا لا توجد أنواع التين الخناق ولا غيره من أفراد العائلة التوتية ، ولـكن يوجد

نبات خناق يسمى الراتا يتبع العائلية الآسية (الكافورية) . ونبات الراتا يغتال شجرته العادية بنفس الطريقة والخطوات التى يتخذها التين الخناق . على أن هناك أنواعا قريبة من الراتا تتسلق الشجر دون أن تغتاله .

ويوجد فى غابات نيوزيلندا أنواع أخرى تتبع عائلات مختلفة وتتمثل فيها خطوات مختلفة لتطور التسلق الخانق ، ومنها الوينمانيا (من العائلة الكونونياسية) والشدايرا (من العائلة الأراالياسية) والميليسيطس (من العائلة البنفسجية) والجريزلينيا (من العائلة الكورناسية) . هذه نباتات لا تجمع بينها وشائج القربى ، ولكنها تتشابه فى قدرتها على الحياة المستقلة ، وقدرتها على ممارسة التسلق الخانق . وأغلب الضحايا من السراخس الشجرية ذات الأوراق الريشية الجميلة ، والتى تتميز بها نيوزيلندا . وتطغى جذوع هذه الأشجار طبقات إسفنجية من الألياف ، تتجمع فيها مياه المطر وتصبح مكانا صالحا لإنبات البذور . وقد أفادت نباتات عديدة من هذه الفرصة السانحة ، ولاءمت بين حياتها وهذا الوسط الصالح ، حتى فقدت بعضها القدرة على الإنبات المستقل وأصبحت نباتات خناقة ، بينما حفظت الأنواع الأخرى قدرتها على الإنبات المستقل .

ومن الملاحظ أن الجنس الواحد قد يتضمن أنواعا من النباتات الخانقة ، وأنواعا أخرى تعيش مستقلة . ومثال ذلك جنس التين الذى

تتميز به غابات البرازيل ، فمنه أنواع متسلقة خانقة وأنواع أخرى تنمو أشجارا لا تحتاج إلى سناد .

والخلاصة أن الدراسة المقارنة لهذه الأشجار الخناقة ، تظهر أن لهذه الأنواع العجيبة من أفراد المملكة النباتية صورا متعددة للملاءمة مع ظروف الحياة فى بيئة غابات المناطق الحارة .

الفصل الثانى

نباتات جزيرة كراكاناو

فى الساعة العاشرة والدقيقة الثانية من صباح يوم ٢٧ أغسطس عام ١٨٨٣ ، دوى فى جزيرة صغيرة تقع فيما بين جزيرتى جاوه وسومطره انفجار من أشد ما عرف البشر عنفا . وكانت أقرب المناطق المأهولة تقع على مسيرة ٢٥ ميلا (٤ كيلومترا) من مكان الانفجار ، ورغم هذه المسافة فإن ٣٦٤٢٧ شخصاً ماتوا غرقا تحت طوفان أمواج المد على الذى تبع الانفجار . وقد سمع الدوى الهائل على بعد مسافات تزيد على الألف ميل (١٦٠٠ كيلومتر) . وقد تناثر فى هذا الانفجار الجزء الأوسط من جزيرة كراكاتاو البركانية التى طالما عاودتها الهزات الأرضية . كانت الجزيرة قد بدأت تتفتت قبل الانفجار الرئيسى بساعات ، ثم تتابعت تفجرات ساحقة أثناء النهار .

بعد مضى شهرين على هذا الحادث المدمر ، تمكن عدد من الرجال من الاقتراب من الجزيرة ، فوجدوا أن الجزء الأكبر منها ، وكان

يشغله بركانان . قد انخسف وغطاه ماء يزيد عمقه على ٨٠٠ قدم (٢٥٠ مترا) . ويقدر حجم الصخر والأحجار والأتربة التى ذريت فى الهواء بما يقرب من ستة أميال مكعبة (٢٤ ألف مليون متر مكعب) . وإن انفجارات القنابل الهيدروجينية تكاد تقرب فى شدتها وعنفها من هذا الانفجار البركانى الذى حدث فى كراكاتاو . ولم يبق بعد الانفجار فى جزيرة كراكاتاو غير جبل يبلغ ارتفاعه ٢٥٠٠ قدم تكسوه طبقات سميكة من الخفاف والأتربة الساخنة ، حتى ليتعذر السير عليها بالأقدام العارية . وكانت سحابات من البخار تنبثق من أجزاء عديدة من الجزيرة وخاصة فى الوديان التى حفرتها مياه الأمطار فى أحجار الخفاف المتفككة . واندثرت من الجزيرة كافة أنواع الحياة الحيوانية والنباتية فلم يبق عليها شىء من شجرها ونبتها .

وقد لا يبدو هذا المكان الخرب مكانا مناسبا لدراسة طرق توزيع النبات والحيوان . ولكن النظر الفاحص يظهر أن مثل هذا المكان العارى يمثل مساحة نموذجية لمثل هذه الدراسات ؛ فإعادة تعمير هذه الجزيرة الجرداء تعنى انتقال بذور النباتات وجراثيمها وانتقال الحيوانات عبر ٢٥ ميلا (٤٠ كيلومترا) من البحر وهى المسافة التى تفصل جزيرة كراكاتاو عن أقرب جزيرة آهلة بالحياة . أما جزيرة سبيزى التى تبعد حوالى ١٢ ميلا (١٩ كيلومترا) شمالا ، فقد تأثرت

أيضاً بالغازات الخانقة والغبار الساخن حتى لم تعد صالحة لتكون مصدراً للبذور .

وعندما زار عالم النبات الفرنسى كوتو الجزيرة فى مايو ١٨٨٤ ، أى بعد تسعة أشهر من الانفجار ، كتب يقول « بالرغم من البحث والتنقيب لم أعثر على أثر للحياة الحيوانية أو النباتية عدا عنكبوت واحد كان يغزل نسيجه . هذا الكائن الجلد الذى يمثل طليعة التعمير » .

وبعد مضى ثلاث سنوات ، زار الجزيرة فريق من علماء النبات الهولنديين وعلى رأسهم ميلشيور ترويب ، فوجدوا الحالة مختلفة فعلى شاطئ الجزيرة وجدوا نباتات عديدة مما ينمو عادة على شواطئ المناطق الحارة ، وفى داخل الجزيرة وجدوا كثيراً من السراخس وعدداً من الحشائش وقليلا من النباتات الأخرى

ثم انقضت عشر سنوات أخرى ، قبل عودة علماء النبات لزيارة الجزيرة . وكانت قد غطتها الخضرة ، وكست الكازورينة أماكن متفرقة ، ونما قصب السكر البرى ، ووجدت أربعة أنواع من الأراشيد الأرضية وعلى الشاطئ وجدت أشجار صغيرة لنبات جوز الهند . والملاحظة العامة كانت أن الكساء النباتى على الشاطئ كان أغزر منه فى داخل الجزيرة .

فى عام ١٩٠٦ كانت الجزيرة قد تم تغطيتها بكساء كثيف من

النبت . وكان أساس هذا الكساء من الحشائش بينها بعض الأشجار هنا وهناك . وفى عام ١٩٢٠ تغيرت الحال فأصبحت الأشجار تكسو أكثر من نصف مساحة الجزيرة . وفى عام ١٩٣٠ تم كساء الجزيرة بغابات شجرية نامية على قلة ارتفاعها وعدم نضجها .

ماذا يعنى هذا التاريخ ، وكيف يفسر الانتشار الطبيعى للنباتات فى العالم كله ؟ قد اقتضى استئناف الحياة فى جزيرة كراكاتاو بعد أن تم تدمير الحياة فيها ، أن تنتقل إليها بذور النباتات وجراثيمها من أماكن أخرى نائية ، فكيف تم هذا الانتقال ؟

يحتل الريح المكان الأول بين وسائل الانتقال ؛ فالجراثيم والبذور الخفيفة يحملها الهواء ، والبكتيريا مثلا تسبح فى الهواء حتى فى الحجرة المغلقة ، وجراثيم السراخس فى مثل وزن حبوب اللقاح التى يحملها النسيم من شجرة إلى أخرى من أشجار الصنوبر لتتم عملية التلقيح . ومن الطريف أن نذكر أن نصف عدد النباتات التى وجدت فى الجزيرة ، بعد مضى ثلاثة أعوام على الانفجار ، كانت من السراخس ، بينما العادة أن لا تزيد نسبة السراخس بين نباتات المناطق الحارة على ١٠ أو ٢٠ فى المائة . أى أن طريقة انتشار السراخس بوساطة جراثيمها الخفيفة مكنتها من السبق فى الوصول إلى هذه الجزيرة . ومع تتابع السنين لحقت بها نباتات أخرى من ذوات البذور الأثقل وزنا وبذور

الأراشيد تماثل جراثيم السراخس خنة ، فإن ملايين عديدة منها لاتكاد تزن أوقية واحدة . ولكن أغلب الأراشيد تعيش معلقة على جذوع الشجر ، أو فى تربة غنية بالدبال . وعلى الرغم من هذه الاحتياجات الخاصة فإن أربعة من الأراشيد وجدت مزهرة فى الجزيرة بعد ١٣ سنة من وقوع الانفجار ، ويدل هذا على أن أعداداً كثيرة من بذور الأراشيد قد انتقلت إلى الجزيرة دون أن تجد البيئة الصالحة لنموها ، واستطاعت أربع منها فقط أن تحتمل الحياة .

وهناك بذور عديدة تنتقل على متن الريح رغم ثقل وزنها ، ذلك لأن لها شعرا أو زغبا ، كالقطن والحور الكندى والهندباء ، أو أن يكون لها جناح كثمرة الغرغار . ولا شك فى أن بذور أنواع عديدة من الحشائش التى ظهرت عقب الانفجار قد انتقلت بالريح ، وتقدر نسبة النباتات التى وصلت بذورها إلى الجزيرة بهذه الوسيلة بحوالى ٤٠ ٪ من مجموع النباتات الموجودة الآن فى الجزيرة . لذلك تعتبر الريح أهم عامل فى انتشار نباتات هذه المناطق الحارة .

على أن بذور بعض النباتات التى وجدت على شاطىء الجزيرة عام ١٨٩٦ مثل جوز الهند ، أثقل من أن يحملها الريح ، ولا ريب أن ثمار جوز الهند التى أنبتت هذه الأشجار قد حملها البحر . فأشجار جوز الهند تنمو على شواطىء جزر المناطق الحارة فى المحيط الهادى والمحيط

الهندى ، ولا يعدو نمو هذه الأشجار فى العادة المناطق الساحلية . فعندما تتساقط الثمار ينحدر الكثير منها إلى البحر ، حيث تظل طافية ، وكثيراً ما نشاهد ثمار جوز الهند تتقاذفها الأمواج قرب سواحل الجزر ضمن ما تتقاذفه من أخشاب وغيرها من بذور الكثير من النباتات . وقد أظهرت التجارب أن بقاء الكثير من هذه البذور والثمار فى ماء البحر ، لفترة تصل إلى عدة أسابيع لا يفسدها ؛ إذ تنبت حالما تصل إلى الشاطىء وتغسل عنها مياه الأمطار ما علق بها من أملاح . والقشرة المتينة أو الأغطية الليفية التى تغطى بعض البذور والثمار تحميها من الأضرار التى يسببها الاحتكاك مع رمال الشاطىء .

ولعل هذه التجربة الطبيعية فى جزيرة كراكاتاو ، تعلل التشابه بين نباتات سواحل جزر المحيط الهادى . فإن عشرات الأنواع النباتية المختلفة التى توجد على هذه الشواطىء ، قد انتشرت من جزيرة إلى أخرى بوساطة التيارات البحرية . وقد بلغ من كفاءة هذه الوسيلة أن الجزر حديثة النشأة سرعان ما تعمرها نباتات الشاطىء . والواقع أن انتشار النباتات على متن التيارات البحرية يعلل الكثير من الظواهر الهامة فى توزيع النباتات فى القارات الكبرى . فعادة يظن الناس أن النباتات جميعاً تنتشر عبر الأرض اليابسة ، وأن البحار والمحيطات تعوق انتشار النباتات ، ولكن نباتات الشاطىء الغربى لأفريقيا تختلف عن

نباتات شاطئها الشرقى . فالأولى أقرب شبها لنباتات الشاطىء الشرقى لأمريكا الجنوبية ، مع ما بينهما من آلاف الأميال عبر المحيط الأطلسى ، وتشبه نباتات الساحل الشرقى لأفريقيا ، نباتات سواحل جزر المحيط الهندى والمحيط الهادى ، وتعليل ذلك أن نباتات الشاطىء لا تنتشر عبر القارات وإنما تنتقل عبر البحر .

وفى عام ١٨٨٦ لم يوجد فى جزيرة كراكاتاو سوى النباتات التى تنتقل بذورها وجراثيمها بالريح أو بالتيارات البحرية . وفى عام ١٨٩٦ وجد أن حوالى ٩ ٪ من الأنواع النباتية قد وصلت الجزيرة بطرق أخرى ، أما الآن فتبلغ الأنواع النباتية التى وصلت الجزيرة عن غير طريق الريح أو البحر حوالى ٤٠ ٪ من مجموع الأنواع النباتية التى توجد فى الجزيرة . والغالب فى هذه الأحوال أن انتقال بذور هذه النباتات تم بوساطة الحيوانات وخاصة الطيور ، وفى بعض الأحوال كان الإنسان هو عامل الانتشار . ففى عام ١٩١٦ وصل الجزيرة جماعة من الرجال للعمل فى استغلال حجر الخفاف ، وجاءوا معهم بأشجار بعض الفواكه كالمانجو فنمت لسنوات قليلة ، فلما لم تطل إقامة الرجال وغادروا الجزيرة سرعان ما تكاثرت النباتات البرية على الأشجار المزروعة فزاحمتها واستأصلتها . ومن الواضح أن الأشجار المزروعة تحتاج إلى رعاية الإنسان المستمرة ليعاونها على البقاء ، فمن النادر وجود نباتات كالذرة أو الطماطم بين أحراش الكساء النباتى الطبيعى .

وأغلب النباتات التى ينقلها الحيوان تحملها الطيور، ومما يؤكدذلك أن بذور هذه النباتات كبيرة الحجم ثقيلة الوزن مما يستحيل معه انتقالها على متن الهواء أو الماء. وأغلبها ذوات ثمار غضة مما تأكله الطيور. وتمر بذور كثيرة من تلك الثمار عبر قنواتها الهضمية دون أن تتكسر، وتخرج مع البراز محتفظة بحيويتها ودون أن يلحقها ضرر. ولذلك فإن أى بذرة تبقى فى بطن طائر يعبر مسافة الخمسة وعشرون ميلا، التى تفصل جزيرة كراكاتاو عن جزيرة جاوة. يمكن أن تنبت إذا هى خرجت مع براز الطائر. ونذكر بين النباتات التى نقلتها الطيور إلى الجزيرة التين والبباز.

وقد يتشكك المرء متسائلا عن النبات الطفيلى المسمى بالدبق، لماذا لم يظهر فى الجزيرة مع أنه نبات لا ينتقل إلا بالطير وهو بعد منتشر فى الجزر المجاورة؟ ولكن المشاهدة دلت على أن بذور الدبق تنقلها أنواع خاصة من الطير لا تبقى البذور فى بطنها غير دقائق تتراوح بين ١٢ و ٢٠ دقيقة بعد ابتلاعها، ولا تكفى هذه المدة القصيرة للرحلة عبر ٢٥ ميلا وهى مسافة تستغرق على الأقل ساعة من طيران الطيور. وهناك أنواع أخرى من الطير، تحفظ البذور فى بطونها لمدة لا تقل عن مائة دقيقة. ولكن هذه الطيور لا تطعم ثمار الدبق، ولذلك فهى تعين على نقل نباتات كثيرة ليس من بينها الدبق من الجزر المجاورة إلى جزيرة كراكاتاو.

ومن المؤكد أن بعض الطيور يحمل البذور إلى مسافات طويلة ، وما لم يثبت أن هناك طرقا أخرى تحمل بها الطيور البذور غير وسيلة القناة الهضمية ، فإن مدى انتشار هذه البذور سيظل فى افتراضنا متناسبا مع طول الفترة التى يحفظ فيها الطائر محتويات أمعائه . على أن شارل داروين كان يعتقد — بل أثبت فى إحدى الحالات - أن البذور يمكن أن تنتقل من مكان إلى آخر وهى عالقة مع الطين الذى يلتصق بأرجل الطير وهى تخب فى المستنقعات . وقد يعلل هذا الانتشار بعيد المدى لنباتات المستنقعات ، ولكن لا توجد مستنقعات فى جزيرة كراكاتاو . ومن الجائز أن تلتصق البذور فى أجسام الطيور على نحو أو آخر ، ولكنه افتراض لم يقم عليه دليل .

ومن وسائل انتشار النباتات التى كثيرا ما يتردد ذكرها هو التصاق بذورها بقطع الخشب التى تطفو على الماء فتدفعها الأمواج أو التيارات من مكان إلى آخر . وهو قول مشكوك فى صحته ، ذلك لأن النباتات التى تحتمل بذورها الماء المالح قليلة جداً ، أضف إلى ذلك أن قطع الخشب الطافية تصل إلى مواضع من الشاطىء قريبة جدا من الماء المالح حيث يتعذر إنبات ما قد تحمله من بذور . على أنه احتمال يستحق البحث . وقد وجد كاتب هذا الفصل فى فجوة من فجوات قطعة خشب طافية فوق مياه المحيط قرب الجزيرة ، بيضتى سحلاة بدت له محتفظة بحياتها .

وقد تختلف الآراء فى تعليل وصول النباتات إلى الجزيرة ، ولكن الحقيقة هى أن النباتات قد وصلت بطريقة أو بأخرى ، وهذه هى النتيجة الهامة للتجربة الطبيعية التى بدأت بالانفجار الهائل الذى تصدعت له جوانب هذه الجزيرة . على أن أحد المشتغلين بعلم النبات افترض أن بذور النباتات قد عاشت خلال أحداث ٢٧ أغسطس عام ١٨٨٣ ، وألف كتابا كاملا لإثبات هذا الافتراض . ولكنه لم يستطع أن يقنع علماء النبات بهذا الرأى،فليس من المعقول أن تحتمل النباتاتأو بذورها أو جذورها أو أى جزء منها ، وطأة النار المحرقة والغازات السامة والانفجارات المروعة التى غمرت الجزيرة بطبقة من الرماد والخفاف الساخن يتراوح عمقها بين ٢٠ و ٢٠٠ قدم ، حتى لقد لوحظ بعد مضى شهرين من الانفجار أن الجزيرة كان يتصاعد منها بخار الماء بعد الأمطار مما يدل على أن حرارة طبقة الخفاف كانت تقرب من درجة الغليان . ولا يعقل أن تبقى النباتات أو بذورها حية تحت هذه الظروف التى تمحق الأخضر واليابس .

ولم تزل الجزيرة مجالا خصيبا للدراسات البيولوجية ، إذ لم تصل الحياة النباتية والحيوانية فيها إلى درجة الاستقرار . وعلى سبيل المثال نذكر أن الفيران قد تزحم الجزيرة فى سنة من السنين ، ولكن هذه الحال لا تستمر غير عام أو عامين ، ثم يعود إلى التوازن الطبيعى فلا

يكاد يوجد فى الجزيرة فأر واحد . ونذكر مسألة أخرى ذات طرافة خاصة . يوجد بهذه المناطق نباتات تسمى نباتات النمل ، إذ تسكن إليها أنواع من النمل تقيم بيوتها فى سوق هذه النباتات وريزوماتها ، والغريب أن كل نوع من أنواع النمل يختص بنوع معين من النبات يتخذه لسكناه . نضرب لذلك مثلا بسرخس من نوع البسيج ينمو متعلقا على جذوع الأشجار فى جزيرة جاوة ، ويختاره دون سواه نوع من النمل . وقد حدث أن سبق هذا النوع من النمل إلى جزيرة كاراكاتاو قبل أن يصل إليها سرخس البسيج الخاص ، وذكر أحد علماء الحياة ممن زاروا الجزيرة أنه شاهد أفراداً من هذا النمل تجرى بلا هدف ، ويبدو عليها القلق وعدم الاستقرار والحياة غير المنتظمة . ولكن عندما زار مؤلف هذا الفصل الجزيرة بعد مضى سنوات على تلك الملاحظة ، شاهد سرخس البسيج الخاص ينمو متعلقا على جذوع الشجر ، وقد بنى ذلك النمل بيوته داخل ريزوماته ومن الواضح أن جراثيم السرخس وصلت على متن الريح ، وتساقطت على جذوع الشجر حيث استقرت بها الحياة ، أما النوع الخاص من النمل فقد سبق إلى الجزيرة ، وعاش جيلا بعد جيل وحيدا لا يعرف السبيل إلى الاستقرار والعيش الرضى حتى وصل صاحبه ، فالتقى الشتيتان وعاودا حياة التكافل معا . هذا مثل طريف للدوافع الغريزية وقوة عوامل الملاءمة الطبيعية .

وتمثل جزيرة كراكاتاو تجربة محدودة المدى، لأن تاريخ تطور الحياة النباتية تضمن انتشار النباتات لمسافات تصل إلى آلاف الأميال. والرحلة التى قطعت فيها النباتات ٢٥ ميلا لتصل إلى جزيرة كراكاتاو نموذج مصغر لظاهرة التوزيع النباتى. فلو زادت المسافة بين هذه الجزيرة والأرض الزاهية بالكساء النباتى على ٢٥ ميلا، لاحتاج الأمر إلى سنين أطول قبل أن تتم الرحلة النباتية. بل ربما طال الزمن إلى آلاف السنين قبل أن يصل عدد معقول من أنواع النبات تكفى لإتمام الكساء النباتى. وفى تعليل توزيع النباتات فى الطبيعة قد نرجع فترة انتشارها إلى ملايين السنين، ولنأخذ مثلا آخر جزيرة جاوة وسومطرة وكل منهما ذات تاريخ جيولوجى قديم، ومع ذلك لم تظهر فيهما الجبال إلا بعد نشأة البراكين فى عصور تعتبر حديثة فى القياس الجيولوجى. إذ ترجع إلى بضع ملايين من السنين، ويبلغ ارتفاع بعض هذه الجبال ما يقرب من من ارتفاع جبال الألب، ونباتات المناطق الحارة التى تكسو الأراضى المنخفضة فى جاوة وسومطرة لا تنبت عند قمم هذه الجبال، كما تنمو عند هذه القمم نباتات شقائق النعمان والكوشاد والعليق الشوكى والآس البرى وغيرها مما لا ينمو قط فى وهاد هذه الجزر. ومعنى هذا أن النباتات قد انتقلت من قمة جبلية إلى قمة أخرى، كأنها تقفز من مرتفع إلى مرتفع. ويلاحظ أن ثمار أغلب هذه النباتات مما تأكله الطيور، فتحمل بذوره

فى طيرانها من مكان إلى آخر . على أن بعض هذه القمم ، على تشابه جوها وتربتها تفتقر إلى العديد من هذه الأنواع النباتية ، حتى ليقال إن ملايين السنين لم تكف بعد لتمام توزيع هذه النباتات على القمم جميعا . ومثل خاص من هذه الأنواع نبات آذان الدب الذى نشأ فى جبال الهملايا ويوجد حاليا فى بعض قمم الجبال البركانية بسومطرة على مسيرة ١٥٠٠ ميل (٢٤٠٠ كيلو متر) وجاوة على مسيرة ٥٠٠ — ١٠٠٠ ميل أخرى ، ومع ذلك يوجد هذا النبات على قمم ثلاثة جبال بركانية دون عشرين قمة أخرى على تشابهها جميعا فى الارتفاع . حتى ليقال إن هذا النبات قفز من موطنه إلى بعض القمم ولم يوفق إلى الطريق نحو الأخرى .

ونذكر أيضا انفجارا بركانيا حدث فى الأسكا عام ١٩١٢ ، فدمر الحياة فى مساحة مئات الأميال المربعة ؛ إذ انفجر جبل كتامى وتناثر ولم يبق فى مكانه غير أرض منخفضة يطاق عليها « وادى الأدخنة العشرة الآلاف » . ولكن منطقة التدمير كانت جزءاً من أرض متصلة دون حاجز يفصل بينها وبين الأراضى الفسيحة التى لم يصلها أثر التدمير . ولذلك فليس من اليسير أن نستخلص من تاريخ معاودة الحياة النباتية إلى هذا الوادى الحقائق والظواهر الطبيعية المتعلقة بتوزيع النباتات وانتشارها . وتبقى تجربة جزيرة كراكاتاو فريدة فى أهميتها العلمية .

الفصل الثالث

بيئة النباتات الصحراوية

يكثر الخلاف والتضارب بين القواعد التى توضع لتعليل السلوك البشرى ، ذلك لأن استنباط هذه القواعد لم يعتمد على التجارب . أما سلوك الحيوان والنبات فهو أطوع للدراسة سواء فى الحياة الطبيعية أو فى التجارب المعملية . والمأمول أن تفضى دراسات علم البيئة النباتية والحيوانية إلى تيسير فهمنا للعلاقات الإنسانية ، لأن القواعد الأساسية التى تنظم العلاقات بين الكائنات الحية فى عمومها لابد أن تصلح لتعليل السلوك البشرى . ولكن دراسات علم البيئة فى المناطق الرطبة غاية فى الصعوبة والتعقد ، ولذلك فدراسة حياة النبات فى الصحراء قد تعين على استخلاص بعض القواعد العامة للحياة النباتية ، ذلك لأنها حياة أقرب إلى البساطة والوضوح .

الصحراء مكان نموذجى للأبحاث لم يفسده زحف الحضارة والحياة الحديثة ، والنباتات متفرقة مما ييسر دراستها بالتفصيل ، وتوضح الحياة فيها غاية الإيضاح آثار الحياة الطبيعية على

ظروف البيئة ، ومن أهم العوامل الطبيعية قسوة المناخ الصحراوى ؛ فالرياح عاصفة دون ماحواجز تعترضها ، والحرارة والمطر شديدا التغير ، فكمية المطر قد تختلف من عام إلى عام بما يربو على خمسة أضعاف ، ورخات المطر قليلة العدد حتى لتمكن دراسة آثار كل رخة على حدة . أضف إلى ذلك أن الظروف الصحراوية تمكن محاكاتها فى المعمل بغية القيام بالدراسات التجريبية على الإنبات والنمو . وما يزال للصحراء سحر خاص يجذب إليها علماء النبات لاسيما فى الربيع .

وأشد صحارى الولايات المتحدة جفافا هى منطقة وادى الموت التى يفصلها عن المحيط الهادى — وهو أقرب مورد للرطوبة وبخار الماء — جبال سييرا نيفادا العالية . متوسط المطر السنوى يبلغ ١٫٢٥ بوصة ، ولا يكاد يوجد ماء جار فيما عدا عيونا قليلة يجرى إليها الماء المنحدر عن سفوح الجبال الجافة التى تحيط بالوادى . ولما كان مستوى الأرض بالوادى دون مستوى البحر فليس له نظام للصرف ، أى أنه حوض تتجمع فيه المواد التى تدفعها المياه المنحدرة عن سفوح الجبال المجاورة . ولذلك فقد تجمعت فى الجزء الأوسط منه أملاح كثيرة ، والناظر من مستوى عال يرى طبقات الملح لامعة فى ضوء الشمس كأنها صفحة مياه بحيرة ، ولكن الراجل يجدها سطحاً جافا خشنا تعتوره كتل من الملح

هرمية الشكل يسمع لها شقشقة وجلجلة وهى تتمدد فى النهار الحار وتتقلص فى الليل البارد .

لا ينمو النبات فى السهل الملحى ، وليس به غير الأحجار الجرداء والحصى وكتل الملح . وتوجد النباتات على جوانب السهل الملحى إذ تتناثر شجيرات الغاف ذات الوريقات الخضراء النضرة التى توحى بوفرة الماء حتى لتبدو كالشيء فى غير موضعه . والواقع أن لهذه الشجيرات مورداً وفيراً من الماء الأرضى ، فلها جذور تتعمق إلى مسافات تتراوح بين ٣٠ و ١٠٠ قدم ، وبهذه الجذور تصل الشجيرات نفسها بالماء الأرضي ، وتمتص منه حاجتها ؛ فهو معين تتجمع فيه المياه العذبة التى تنحدر من الجبال وتتسرب إلى الطبقات العميقة من الأرض . فإذا كانت جذور الغاف كذلك ، فمعنى هذا أن جذور البادرة الصغيرة لهذا النبات تمتد فى الرمل الجاف مسافة ٣٠ قدما أو يزيد قبل أن تصل إلى مورد الماء ، فكيف يتسنى لمثل هذه البادرة ذلك ؟ ماتزال الإجابة عن هذا السؤال كالأحجية التى لم تحل . فأغلب شجيرات الغاف فى وادى الموت تصل أعمارها إلى مئات السنين ، وقد تغطى كثبان الرمل بعض هذه الشجيرات حتى تغمرها ؛ إذ تتجمع الرمال التى تحملها الرياح حول الشجيرات سنة بعض أخرى ، وفى بعض الأماكن تخرج عشرات أو مئات من

الجذوع من أحد الكثبان ، وهى جميعاً — فى أغلب الظن — فروع جديدة تنبت من شجيرة عتيقة غطاها الكثب الرملى .

ومثل آخر نضربه لنباتات الصحراء ذات الجذور الكبيرة ، شجيرة الكريزوت . لهذه الشجيرة أوراق دائمة الخضرة ، وجذور تضرب فى الأرض عمقاً وعرضاً لتمتص الماء من مناطق كبيرة من الأرض . وتتوزع الشجيرات على سطح الصحراء بنظام مدهش تاركة بينها مسافات تكاد تكون متساوية . ويبدو أن الجذور الممتدة عرضاً تفرز مواد سامة تمنع البادرات الصغيرة من النمو فى المسافات بين الشجيرات . كما يبدو أن المسافات بين الشجيرات تحددها كمية المطر ؛ ففى المناطق التى يقل فيها المطر تزداد هذه المسافات ، حتى ليبدو أن المطر الكثير يغسل عن التربة هذه السموم فيتسنى للبادرات أن تعيش فى المسافات بين الشجيرات الناضجة . ومن الملاحظ أن بادرات الكريوزوت تكثر على جانبى الطرق الصحراوية ، عندما يقتلع عمال رصف الطرق الشجيرات الكبيرة فيخلو بذلك المجال للبادرات الصغيرة . ومما يقال عن شجيرة الكريوزوت إنها تساقط أوراقها الخضراء إذا استطالت فترة الجفاف وتبقى على أوراق صغيرة ذات لون أخضر بنى ، فإذا استمر الجفاف سقطت هذه الأوراق بدورها ثم تموت شجيرات المنطقة كلها مالم تتداركها الأمطار . على أن موت شجيرات

الكريوزوت لا يحدث إلا إذا طالت فترة الجفاف على نحو لا يحدث إلا نادرا ، وفى مثل هذه الحالات الشديدة تموت أغلب الشجيرات . هذا تعليل مايلاحظ من أن الشجيرات النامية فى منطقة ما لا يكاد يتفاوت بينها العمر ، لأن كل مجموعة تنمو بعد أن يهلك الجفاف الشجيرات الناضجة ، أو بعد مطر هاطل ييسر النبت والنماء بين الشجيرات الناضجة .

وهناك أنواع أخرى من الشجيرات تبدو قادرة على الحياة الصحراوية الضنكة . منها نوع من البيسفللم له أوراق خضراء نضرة حتى ليبدو أن له القدرة على الحياة بغير ماء ، ونبات طيم الصحراء ذو الورق الأبيض وله القدرة على النمو فى الأراضى المالحة .

ويتحكم عاملان رئيسيان فى وفرة النبات وتوزيعه ، وهما عدد البذور التى تنبت ، والظروف التى تلاقيها البادرات وهى تتهيأ للنضج . والعامل الثانى هو الأهم فى حالة الشجيرات الصحراوية ، إذ قد يظهر عدد وفير من البادرات فى موسم المطر ، إلا أن الحياة لا تطول إلا بالقليل منها إلى مرحلة النضج . أما فى حالة النباتات الحولية فلعدد البذور التى تنبت الأثر الأكبر . وفى بعض السنين تتغطى أرض وادى الموت ببساط زاه من الألوان ، مثال ذلك ماحدث فى عام ١٩٣٦ وعام ١٩٤٧ عندما جاء الربيع وملايين من النباتات المزهرة تغطى الأجزاء غير الملحية :

الأقاحى الصحراوية ذات الزهور الذهبية المصفرة ، وزهر ورد المسا الأبيض ، وغيرها من الأزهار الوردية اللون . وظهور هذه الوفرة من الزهر لا يتوقف على كون العام مطيراً ؛ فنى عام ١٩٤١ بلغت كمية المطر السنوى ٢و٤ بوصة ، دون أن يتبع ذلك وفرة فى الأزهار فى تلك السنة ولا فى الربيع التالى ، ذلك لأنه كى يزهر وادى الموت يلزم سقوط كمية من المطر فى شهرى نوفمبر وديسمبر ، فإذا بلغ المطر فى هذين الشهرين ما يزيد على البوصة فإن الربيع التالى يزدهى بالنبت والزهر . وهذا هو ما حدث فى نوفمبر وديسمبر من عامى١٩٣٨و١٩٤٦ أما سقوط مثل هذه الكمية من المطر فى شهرى أغسطس وسبتمبر . أو شهرى يناير وفبراير فقليل الجدوى .

والأمرالمدهش أن هذه النباتات الحولية التى يزدهى بها الربيع فى بعض السنوات المطيرة ، ذات صفات عادية ولا تتميز عن النباتات التى تزرع فى الحدائق وتنمو فى الحقول بأى صفات تعينها على احتمال الجفاف ، ولكنها تنمو فى الصحراء دون غيرها وسبب ذلك هو جذر بذورها العجيب ؛ فنى السنوات الجافة تبقى هذه البذور ساكنة وليس فى ذلك غرابه ، ولكن الشىء العجيب أنها لا تنبت إلا إذا جاءها كمية مطر أقلها نصف بوصة وأفضلها بوصة أو بوصتان . واستجابة البذور للإنبات إثر المطر الوافر دون المطر القليل تبدو غريبة ، لأن كمية

المطر التى تبلغ عشر البوصة تبلل الطبقة السطحية من التربة (حيث البذور) بنفس الدرجة التى تبللها كمية المطر الكثير التى تبلغ البوصة . فكيف يمكن للبذرة الساكنة أن تقيس كمية المطر ؟ التجارب المعملية تظهر قدرة البذور على ذلك . فإذا وضعت فى المعمل كميات من التربة الصحراوية المطمور بها بذور الحوليات ، وأسقط عليها الماء رذاذاً كالمطر ، فإن هذه البذور لا تنبت حتى تصل كمية الماء المتساقط عليها إلى ما يعادل بوصة من المطر . زد على ذلك أنه يلزم سقوط الماء من أعلى كما يسقط المطر ، فإذا جاء الماء بالتسرب من أسفل كأن يغمس الوعاء الذى يحوى التربة وبذورها فى الماء ، فإن البذور لا تنبت . ويبدو هذا أيضاً غاية فى الغرابة ، إذ كيف يمكن لبذرة أن تدرك الاتجاه الذى تسرى فيه جزيئات الماء ؟ تعليل ذلك أن الماء الساقط من أعلا إلى أسفل ، يغسل عن غلاف البذرة بعض المواد من مضادات الإنبات ، فغلاف كثير من البذور تغطيه مثل هذه المواد وهى قابلة للذوبان فى الماء ، ومثل هذه البذور لا تنبت إلا إذا غسل الماء هذه المواد ، ويمكن إتمام ذلك بوساطة تيار بطىء من الماء يهبط فى التربة من أعلى إلى أسفل مثلما يحدث فى الظروف الطبيعية عندما تتساقط مياه الأمطار الغزيرة . أما المياه الصاعدة فى التربة من أسفل إلى أعلا تحت تأثير الخاصة الشعريه ونحوها فلا تغسل عن البذور هذه

المواد التى تمنع الإنبات . وفى بعض الأحوال الأخرى تمنع ملوحة التربة إنبات البذور ، فإذا جاءها المطر غسل ماؤه هذه الملوحة ، ومكن البذور من الإنبات . وبذور الحشائش الصحراوية لا تنبت إلا بعد مضى عدة أيام على سقوط المطر ، كأنما تستوثق من أن رطوبة التربة ليست عارضة بل مستمرة ، الأمر الذى يتأتى بعد المطر الوافر . وأنواع أخرى من البذور لا تزول عنها المواد المانعة للإنبات إلا بفعل أنواع من البكتيريا ، ولا يتم ذلك إلا فى تربة رطبة لفترة غير قصيرة . وبعض البذور تظل ساكنة لا تنبت حتى يسقط عليها المطر عدة مرات .

وتوجد فى الوديان الصحراوية ، وهى مجارى أنهار جافة ، نباتات مختلفة ، وتحتاج لشروط إنبات مختلفة . فالبذور بعضها قصرة متينة يحتاج شقها إلى قوة شديدة ، مثل شجيرات السيسبان الأمريكى وخشب الحديد واليحموم . ويمكن أن تظل بذور السيسبان مغمورة فى الماء لمدة عام دون أن يظهر عليها أثر للإنبات ، على أن الجنين ينمو وتنبت البذرة بعد يوم واحد إذا شقت القصرة . وفى الظروف الطبيعية تتشقق القصرة المتينة نتيجة الاحتكاك بالرمال والحصى . والبادرات تظهر بعد أيام قليلة من المطر الهاطل الذى يدفع فى طريقه الحصى والطمى إلى قاع الوادى . ومن اليسير إثبات أن البذور التى أنتجت

هذه البادرات ، نبتت نتيجة الاحتكاك المستمر بين البذور وحبات الرمل وهى مندفعة جميعاً مع الطمى والماء . وعلى سبيل المثال نذكر أن بادرات اليحموم لا تنبت قرب الشجيرات الأم ، بل على بعد يتراوح بين ١٥٠ و ٣٠٠ قدم فى اتجاه مجرى الماء . ويبدو أن لهذه المسافة أهمية خاصة ، فالبذور التى تبقى قرب الشجيرة الأم لا تتعرض للاحتكاك مع الرمل بدرجة كافية لشق القصرة ، كما أن البذور التى تدفعها السيول إلى أبعد من ذلك يسحقها طول الاحتكاك المستمر مع الرمل والحصى فلا تنبت .

ولا تكاد تظهر الأوراق الثلاث الأول لبادرة شجيرة اليحموم حتى يتوقف النمو الظاهر فوق سطح الأرض ، ويستمر نمو الجذر متعمقا حتى يصل إلى موارد الماء الأرضى . وعندما يتم ذلك تستأنف الساق نموها مع استمرار نمو الجذر ، على أن نمو الجذر قد يبلغ خمسة أضعاف نمو الساق والقليل من هذه البادرات يقتله الجفاف ، والكثير منها تقتلعه السيول الجارفة ، والأقل منها وهو أكبرها حجما وسنا يثبت لتدفق الحصى والرمل والطمى العارم من النجاد إلى البطاح . ويمكن تبيان قدرة شجيرة اليحموم على استغلال كل قطرة من الماء بالتجربة التالية : ملئت آنية عمقها ثمانى أقدام بالرمل المبلل بمحلول غذائى ، ثم وضعت البذور مشقوقة القصرة قرب سطح الرمل . أسقط على السطح رذاذ من

ماء المطر لمدة قصيرة . نبت فى هذه التجربة ست بذور ، وماتت منها بادرة واحدة وبقيت خمس بادرات استمرت تنمو حتى بلغ عمرها ١٨ شهراً فى جو حار رويت خلالها مرة واحدة ، وكان نمو هذه البادرات أحسن من نمو تلك التى كانت تروى يوميا .

وقام مؤلف هـذا الفصل بتجارب تفصيلية على إنبات البذور ، وتجمعت لديه بيانات ومعلومات كثيرة عن ظروف الإنبات . منها — على سبيل المثال — أن رختين من مطر يبلغ مقدار كل منهما ٠٫٣ بوصة تكفيان لإحداث الإنبات إذا لم تزد الفترة بينهما على يومين ، وأن أثر المطر الساقط فى الظلام يختلف عن أثر المطر الساقط فى النهار . ومن أعجب ما أظهرته هذه التجارب أن الاستجابات الخاصة للبذور تختلف بالنسبة لدرجات الحرارة . ففى إحدى التجارب عومل خليط من بذور نباتات مختلفة بالماء ثم وضعت فى صوبة دافئة فلم تنبت منها غير النباتات الصيفية ، بينما بقيت بذور الحوليات الشتوية ساكنة ، فإذا وضعت هـذه البذور فى مكان بارد نبتت الحوليات الشتوية وبقيت الأخرى ساكنة . ومن ذلك يظهر أن البذور لا تنبت إلا إذا تهيأت الظروف التى تلائم نمو البادرات والنبات الناضج (درجة الحرارة والمطر) ، وحيث إن هذه النباتات الصحراوية لا يمكن أن تعتمد على ما لعله يسقط من المطر فيما بعد ، فهى لذلك لا تنبت إلا إذا استوثقت من أن لديها من ماء المطر ما يهيء لها الحياة والبقاء .

وقد أوضحت دراسات المؤلف أيضاً ، أن عدداً قليلا لا يجاوز ١ ٪ من البذور قد ينبت بعد النذر اليسير من المطر ، ولكن بادرات هذه البذور لا شك هالكة قبل أن تصل إلى مراحل النضج والإثمار ، بينما تقدر نسبة البادرات التى تستمر بها الحياة حتى تورق وتزهر وتثمر بحوالى ٥٠ ٪ من بادرات البذور التى تنبت بعد المطر الكافى ، وقد يبلغ عدد البادرات النامية آلافاً عديدة فى الياردة المربعة ، إلا أنها رغم التزاحم والتنافس على موارد الماء والغذاء والضوء لا تقتل بعضها بعضاً ، ولو أنها لا تصل إلى الحجم الطبيعى . وفى بعض الدراسات التفصيلية وجد أن ٣٠٠٠ نبات ناضج ينتمى إلى عشرة أنواع مختلفة تكسو مساحة يقدر عدد البادرات التى نبتت فيها بحوالى ٥٠٠٠ ياردة . وبرغم هذه الآلاف من النباتات المتزاحمة ، فقد أزهرت جميعاً وأثمرت ولو أنها بقيت صغيرة الحجم . وليست هذه الظاهرة مقصورة على النباتات الصحراوية ؛ ففى حقول الأرز والقمح وقصب السكر ، وفى الأمكنة التى تزدحم فيها البذور فى الحقل ، تنمو البادرات جميعاً معاً ، وقد تكون نحيلة ولكنها لا تموت ، وقد يحدث أن تنمو بعض الحشائش البرية فى الحقول حتى لتزحم المحاصيل وتقضى عليها ، ولكن ذلك لا يحدث عادة ، فإذا حدث يكون السبب إما أن المحصول زرع فى غير موسمه ، وإما لأن المناخ لا يناسبه . أى أن المحصول لم يستطع أن ينافس الحشائش البرية التى يلائمها الجو أو الموسم .

من هذا يظهر لنا أن ما يقال عن الصراع المروع فى سبيل البقاء ، وأن البقاء للأصلح ، وغير ذلك مما توصف به الحياة الطبيعية ، ليس صحيحا كله . فبين النباتات الحولية لايكاد يوجد صراع على أسبقية أو بقاء ، فحيثما تنبت بادرة النباتات الحولى فإنها تنمو وتنضج وتثمر . أى أنه إذا أتيحت لبذور النبات الحولى فرصة الإنبات ، ولبادراته الاستقرار ، فإن النبات لا يتعرض بعد ذلك لظاهرة الاختيار الطبيعى . ولعل ذلك يعالل أن الكثير من الحوليات الصحراوية لا تختص بصفات مميزة مما يعين على ظروف الحياة الصحراوية . ولا يعنى هذا أن ظاهرة التطور الطبيعى لم تؤثر فى نشأة الحوليات ، ولكنه يعنى أن التطور أثر على صفات البذور وطرق الإنبات أكثر مما أثر على صفات النبات الناضج . وقد أضفت ظاهرة الاختبار الطبيعى على هذه النباتات إمكانيات مختلفة للإنبات . وفى الوقت نفسه تجعل البذور تبطىء فى الإنبات ما لم تتوفر الظروف التى تلائم النبت الصغير وتتيح له فرصة الحياة الكاملة . وعكس ذلك ظاهر فى حوليات المحاصيل التى يختارها الإنسان ، إذ يفضل النباتات التى تنبت بذورها فى يسر وسرعة ، ونظراً لهذا العامل الإنسانى الاقتصادى فإن أهمية الإنبات وظروفه وتأثيره على بقاء النبات قد أسىء فهمه .

ولنعد الآن للمناقشة التى بدأناها فى أول الكلام : هل تمكننا دراسة بيئة النباتات الصحراوية فى تفهم البيئة الإنسانية والسلوك البشرى ؟ هناك على الأقل ظاهرة أخلاقية تبرزها دراسات البيئة

الصحراوية ؛ فى الصحراء حيث تتحمل النباتات كافة الجدب والجوع وقلة الماء ، لا نجد التنافس والتناحر القاسى الذى يقضى فيه القوى على الضعيف . بل لعل العكس هو الصحيح ، فالأرض والضوء والماء والغذاء والمناخ يشارك فيها الجميع على السواء ، فإذا لم يوجد مايكفى لنمو النباتات جميعاً نمواً باسقاً فهى جميعاً تنمو نحيلة . هذه الصورة الواقعية الصادقة تختلف أشد الاختلاف عما يقول به الكثيرون ، إن منهج الطبيعة هو تنافس الأفراد حتى الموت . والواقع أن التنافس أو القتال الدموى الذى يمارسه الجنس البشرى . نادر فى الطبيعة ؛ فمن القليل النادر أن تقتتل مجموعات أفراد النوع الواحد ، حتى الحيوانات المفترسة نجدها تفترس أنواعاً غير أنواعها ، أى أنها لا تأكل بعضها بعضاً كما يفعل الناس من آكلى لحوم البشر . أما النباتات مثل التين الخناق الذى ينمو فى الغابات الإستوائية ويلتف حول غيره من النباتات ويظل يخنقها حتى الموت (على نحو ما سبقت إليه الإشارة) فهى شاذة ونادرة جداً . وفى الغابات الكثيفة نجد أن القلة القليلة من الضعاف تموت تحت وطأة المنافسة مع الأقوياء ، والأشجار الشامخة لا تقتل العشب والشجيرات النامية فى ظلها ، ولو أنها قد تعطل نموها نحو النضج ، أو قد تمنع إنبات المزيد من بذورها . وقد لوحظ فى إحدى غابات جزيرة جاوة أن الشجيرات الصغيرة ظلت محافظة على حياتها لفترة أربعين سنة وإن لم تزدد نماء وحجماً .

فى الغابات الاستوائية تنمو مئات الأنواع من الأشجار صغيرها وكبيرها ، وهذا التنوع الرائع يمثل إحدى الصفات الرئيسية للغابات . وقد يكون نمو بعض الأشجار أسرع فيزداد ارتفاعها وتتكاثر أغصانها ويمتد طولها وعرضها دون أن يكون لذلك أثر واضح على فرص النمو واستطالة الحياة لغيرها من الأشجار ، وإلا لقل عدد الأنواع ولكان التطور الطبيعى للأشجار أن تزداد ارتفاعاً وطولا . ولكن الملاحظ أن أكثر الأشجار يوجد فى أحراش المناطق الدافئة وليس فى الغابات الاستوائية الكثيفة حيث لا توجد أشجار شاذة الطول أو الحجم . ومن هذا يتبين أن الاختبار الطبيعى لا يعتمد على قدرة النبات على النمو السريع ، ولكن على قدرة النبات على احتمال الظل والضوء القليل . ويرتبط الجلد على البقاء فى أذهاننا بفكرة استئصال الكائن الأصلح للكائن الأقل صلاحية ، الأمر الذى يذكرنا بفكرة الحرب الباردة ولكن الواقع أن الحرب الباردة لا توجد فى الغابة ، كما لا توجد فيها اعتداءات غاشمة ، وأغلب النباتات لا تملك وسائل خاصة للقتال ، بل تنمو النباتات معاً ، تشارك فيما لعله يتاح لها من الضوء والماء والغذاء . فإذا قل الزاد عن احتياجاتها جميعاً بدأت المنافسة . ويبدو أن التحكم فى الحياة ، سواء فى الغابة أو فى الصحراء ، يعتمد على التحكم فى إنبات البذور ؛ فالمنافسة والاختيار يحدثان فى مرحلة الإنبات حتى يمكن أن يكون الكلام فى دنيا النبات عن تحديد الإنبات كما يكون الكلام فى دنيا الإنسان عن تحديد النسل .

ويبدو أن التطور الطبيعى خلال الحقب الطويلة قد استأصل النباتات التى لا تقدر على المنافسة ، حتى أصبحت فرصة الحياة متاحة للنباتات جميعاً سواء منها سريعة النمو أو بطيئة النمو . والكفاح من أجل البقاء بين النباتات القوية الأصل لا يمنعها من النمو ، إنما قد يمنع الأنواع الجديدة الوافدة التى قد تنبت فى الوقت غير المناسب ، أو التى تضعف قدرتها على ممارسة عمليات التمثيل الضوئى ، أو التى لا تحتمل الصقيع وغيره من العوامل غير الملائمة . وهذا يعلل ظاهرة بارزة وهى أن قلة من النباتات تموت من شدة جفاف الصحراء أو من قلة الضوء فى الغابة أو من شدة البرد فى المناطق الباردة .

والموعظة التى يمكن استخلاصها من هذا الكلام هى أن الحرب التى يمارسها الجنس البشرى لا يوجد لها مثيل فى الطبيعة ، ولا يوجد ما يبررها فى مبادئ التطور والاختيار الطبيعى . فإذا أردنا أن نصور عوامل التحكم فى المجتمع النباتى بالمصطلحات البشرية كان كلامنا عن تحديد النسل .

الفصل الرابع

كيمياء العلاقات الاجتماعية فى عالم النبات

النبات كالحيوان لا يعيش وحده ، بل فى جماعات يتأثر الفرد بوجود الأفراد الأخر . ولقد حظى علم الاجتماع النباتى بدراسات مستفيضة فى السنوات الأخيرة ، وزادت معرفتنا بأصوله . فتبين أن أفراد المملكة النباتية يتنافسون فيما بينهم على الغذاء والضوء والماء وغيرها ، كما تتضمن علاقاتهم الاجتماعية ضروبا أحكم من التقاتل ومن التعاون . وسيتناول هذا الفصل إحدى الظواهر الفريدة للعلاقات النباتية أظهرتها الدراسات الحديثة ، وهى أن بعض النباتات تتدرع بأسلحة كيميائية لمهاجمة جيرانها .

وقبل أن نستطرد فى عرض أوجه هذه الظاهرة ، لابد أن نشير إلى بعض مبادئ علم البيئة النباتية ، أى إلى العلاقات بين النباتات وبينها وبين ظروفها البيئية . عندما ندرس جماعة نباتية نلاحظ أنها تتألف من نباتات لا تتبع نوعا واحدا بل أنواعا كثيرة ، تعيش على نحو من التقارب . ومن اليسير أن ندرك سبب تجمع نباتات النوع الواحد فى مكان ما . ذلك لأن لها نفس الاحتياجات التى تلائم نموها ، أو على

الأقل لأن لها القدرة على احتمال الظروف الطبيعية لبيئة المكان . ولكننا نتساءل عن العوامل التى تحدد نمو نباتات الأنواع المختلفة فى مكان واحد . ومما يساعدنا على إدراك أسباب ذلك ، أن مجموعات معينة من الأنواع النباتية توجد معا فى نفس المكان ، ويتكرر وجودها معا حيثما وجد المكان الذى تتاح فيه نفس الصفات البيئية . وتكرار وجود هذه المجموعات يتيح المجال لتصنيفها وتعريفها وتسميتها باعتبارها مجتمعات نباتية أو عشائر شأنها فى ذلك شأن أنواع النبات والحيوان التى يتم تصنيفها وتعريفها وتسميتها . ومن ناحية أخرى توجد أنواع لا تأتلف أبداً فى نفس العشيرة على الرغم من تشابهها فى التوزيع الجغرافى ، ذلك لأن احتياجاتها مختلفة أو لغير ذلك من الأسباب . حتى ليمكن أن يقال إن مواطنى العالم النباتى ينتظمون فى عشائر محددة فى كل منها ألفة داخلية بين أفرادها ، ولكنهم لا يختلطون مع الأغراب من أفراد العشائر الأخرى .

والواضح أن أهم العوامل التى تحدد صورة الحياة النباتية ، هى المناخ والأحوال الطبيعية ؛ فالأنواع النباتية التى تعيش معا ، تلائم نموها ظروف متشابهة من درجات الحرارة والضوء والماء والتربة ، وتتجلى تلك العلاقة عند دراسة نباتات المناطق ذات الصفات الخاصة كالأرض الردغة ، والمنخفضات المالحة ، والمراعى الجبلية ، وشواطئ البحار ، والصحارى الجبلية والصخرية . ومما لاشك فيه أن كثيرا من العشائر

إن لم تكن جميعا ، يتأثر تركيبها بظاهرة اختبار النباتات للمواقع التى تتفق ظروفها البيئية مع احتياجاتها . على أن جهود العلماء والباحثين ما تزال تتقصى البحث عن العوامل الطبيعية التى تحدد حياة كل عشيرة نباتية على حدة . وهناك أوجه كثيرة لتأثير نباتات ما على حياة نبات آخر مجاور له فى العشيرة ، وأوضحها هى التنافس على بعض الاحتياجات الأساسية للنمو مثل الضوء أو الماء أو الأملاح الغذائية . وربما سمى ذلك النزاع الاقتصادى ، وعلى ذلك فإن النقص فى مواد التربة الغذائية أو رطوبة التربة قد يحدد عدد النباتات التى يمكن أن تعيش فى حدود مساحة معينة فإن نمت شجرة فى منطقة أحراش ، فكثيرا ما يغطى ظل الشجرة العالية الشجيرات قليلة الارتفاع فتفقد تعرضها لضوء الشمس مما قد يسبب عجزها عن استمرار النمو . هذا الوجه الاقتصادى لظاهرة التنافس تتغير حدته تبعا لطبيعة الأنواع النباتية كاختلافها فى ارتفاع الجذوع ، وتعمق الجذور فى طبقة واحدة من الأرض أو توزعها فى طبقات مختلفة ، إلى غير ذلك . ولعل حكمة علم الاجتماع النباتى ، هى أن المجتمعات النباتية الراسخة تتكون من أنواع نباتية يقل بين أفرادها التنافس الاقتصادى .

على أننا نهدف أن نعرض هنا لنوع من العلاقات المتبادلة بين النباتات لا تعتمد على ظاهرة التنافس بل تعتمد أساسا على أن نوعا معينا من أنواع النباتات ينتج مادة كيميائية يطلقها إلى التربة ويؤثر بها

على نمو غيره من الأنواع وسلامتها . والنباتات التى تعان على غيرها مثل هذه الحرب قد لا تكون فى منافسة معها من أجل الغذاء أوغيره من احتياجات الحياة ، بل يبدو كأن العداء من سليقتها . وقد عرفت هذه الظاهرة منذ زمن فى مجال الكائنات الدقيقة ، وكلنا يعلم أن بعضها ينتج مواد ذات أثر سام على غيرها ، ففطر العفن الأخضر ينتج مادة البنسلين وهو مركب كيميائى له أثر شديد السمية على عدد كثير من الكائنات الدقيقة . وتبع اكتشاف البنسلين بحث عن أمثاله فتم التعرف على عشرات من هذه الكيميائيات التى تنتجها الكائنات الدقيقة المختلفة ، وأمكن استعمال بعضها كالبنسلين والاستربتوميسين فى علاج الأمراض الحيوانية والإنسانية .

أما قدرة بعض النباتات الراقية على إنتاج مثل هذه المواد ، فكانت فكرة تراود علماء النبات دون تحقق . فقد ذكر العالم السويسرى أوغسطين دى كاندول ، فى مستهل القرن التاسع عشر ، أنه يبدو أن نمو الضهياء يعطل نمو الشوفان ، وعلل ذلك بوجود مادة كيميائية خاصة تفرزها الضهياء . وقد قام بعض العلماء الإنجليز فى مستهل هذا القرن بتجارب لتمحيص هذه الفكرة . وفى إحدى التجارب كانوا يزرعون أشجار التفاح فى أوعية تروى بماء منصرف عن أصص مزروع بها حشائش . وقد أظهرت هذه التجارب أن الحشائش قد أضافت إلى

الماء مادة تثبط نمو أشجار التفاح . ثم عاود تلك الدراسة عالم أمريكى استطاع أن يستخلص من أنواع التربة المختلفة أربعة مواد ذات تأثير سام على نمو النبات . على أن هذه الدراسات الأولى جميعا لم تثبت أن نوعا معينا من النباتات البرية أو المزروعة تعطل نموه بتأثير مادة أمكن التعرف عليها وتحديد النبات التى ينتجها وجاء إثبات ذلك فى السنوات الأخيرة .

وقد لاحظ العالم الألمانى بود ، وكان يعمل فى إحدى حدائق النباتات الطبية ، أن النباتات النامية فى الأرض الواقعة على جانبى صف من نباتات الشيح الرومى . كانت إما شديدة الوهن وإما ميتة . ويمتد هذا الأثر القاتل لمدى متر على كل من جانبى صف شجيرات الشيح الرومى . ولم يكن من المقبول أن يعزى ذلك الأثر إلى ظاهرة التنافس ، فقد كان هناك شجيرات من أنواع أخرى تماثل الشيح الرومى فى الحجم والنمو دون أن يكون لها مثل ذلك الأثر المدمر على النباتات المجاورة . وأثبت هذا العالم أن على أوراق نبات الشيح الرومى غدداً شعرية تفرز مادة تسمى « إبسنتين » وهى مركب كيميائى يقبل الذوبان فى الماء وله تأثير سام على بعض أنواع النباتات . فإذا سقط المطر غسل هذه المادة عن الأوراق وأسقطها إلى التربة ، وكلما تكرر سقوط المطر تكرر تزويد التربة بهذه المادة السامة . وقد ظهر أن أثر الإبسنتين يختلف من نبات

إلى آخر إذ يبدو أن لبعض الأنواع النباتية القدرة على احتمال أثره ، وهذه النباتات — دون غيرها — تستطيع أن تعايش الشيح الرومى .

مثال آخر لهذه الكيمائيات . يشاهد فى الصحارى الحارة بجنوب غرب الولايات المتحدة ، وجود صحبة من النباتات الحولية تنمو حول كل شجيرة . ولا شك أن أسباب ذلك ما يتيحه ظل الشجيرة من تخفيف لوطأة الحرارة والجفاف الصحراوى ، وما تضيفه الأوراق المتساقطة إلى الأرض من مواد عضوية تزيد من ثرائها . على أن شجيرة تسمى الأنسيليا تبدو شاذة عن هذه القاعدة ، إذ تحوطها دائرة تبدو محرمة على النباتات الأخرى ، إلا فى بعض الأحوال الخاصة . وقد جمعت أوراق هذه الشجيرة الساقطة على الأرض لتكون موضع الدراسة المعملية ، وأجريت تجربة بأن غطى سطح الرمل فى أصص الطماطم وغيرها بهذه الأوراق . وثبت أن وجود أوراق الإنسيليا — ولو بكميات قليلة — يسبب تعطيل النمو أو موت النباتات المزروعة . وقد أوضحت الدراسات تخصص التأثير السام لأوراق الإنسيليا ، مثلها فى ذلك مثل أوراق الشيح الرومى ، فليس لها تأثير على نباتات الإنسيليا نفسها ولا نبات عباد الشمس ، ولا الشعير . ولكن تأثيرها واضح جدا على بعض النباتات كالطماطم ، وأمكن بالمعاملات الكيميائية استخلاص مركب جديد من أوراق الإنسيليا اسمه ٣- إسيتيل - ٦ - ميثوكسى بنزالدهيد،

وأمكن تحضير هذا المركب معمليا ، وظهر للمادة المصنعة نفس تأثير المادة الطبيعية . وقد دلت التجارب أيضا على أن أوراق الإنسيليا ، الساقطة عن الفروع تحتفظ بصفاتها السمية لمدة تصل إلى عام ، إلا إذا سقط عليها المطر ، لأن الماء يغسل عنها هذه المادة ويحملها إلى الأرض . هذا هو تعليل عدم وجود النباتات الحولية فى مصاحبة شجيرات الإنسيليا . ونذكر فى هذا المقام أن نباتات الإنسيليا تنمو أيضا على سفوح بعض الأماكن الجبلية حيث تتعرض الأرض المنحدرة إلى السيول التى تكتسح فى طريقها الأوراق الساقطة على الأرض . وفى مثل هذه الأماكن قد توجد أنواع عديدة من الحوليات وغيرها فى صحبة شجيرات الإنسيليا .

أما أشجار الجوز الأسود ، فالمعروف أن لها أثرا مهلكا على نمو النباتات المحيطة . وتعليل ذلك أنها تنتج مادة كيميائية لها أثر سام ، وأثبتت التجارب أن جذور الجوز وأوراقه تحوى مادة الججلون — وهى مادة سامة للطماطم — والبرسيم الحجازى ، وأثبتت أيضا أن هذه المادة هى سبب التأثير السام لأشجار الجوز الأسود على النباتات البرية ، وما زال هذا الموضوع فى حاجة إلى مزيد من الدراسة التفصيلية .

ولا يقتصر هذا التأثير الكيميائى على أن نوعا من النبات يثبط نمو غيره من الأنواع ، وقد ثبت أن أنواعا من النبات تنتج مركبات

كيميائية تثبط نمو بادرات نوعها . ومثال ذلك نبات أقحوان المطاط الذى ينمو فى الصحارى الأمريكية . فإذا زرع هذا النبات فى أصص المعامل ، فإن جذوره تخرج مادة ذات أثر سام على بادرات أقحوان المطاط نفسه . وعندما تم تحضير هذه المادة فى صورتها النقية ظهر أنها حمض السيناميك ، كما ظهر أن لها أثرا شديد السمية ، إذ يكفى وجود جزء واحد من ٢٠٠٠٠٠٠ جزء من التربة ليسبب أثر واضح على تقليل نمو البادرات . فلماذا ينتج نبات ما مادة ذات أثر شديد السمية على نوعه ، وأقل أثراً على الأنواع الأخرى ؟ نذكر فى هذا الصدد أن الشجيرات الصحراوية تنمو متباعدة كأنها تقتسم فى عدل وتساو الماء القليل الذى تتيحه ظروف الصحراء . وفى الطبيعة يندر وجود بادرات أقحوان المطاط بجوار النباتات الناضجة ، وهى حالة عامة بالنسبة للكثير من الشجيرات الصحراوية . وفى بعض التجارب نقلت بادرات أقحوان المطاط إلى جوار نباتات ناضجة ، فسرعان ما ذوت وماتت . وقد أمكن التحقق من أن ذلك يرجع إلى الأثر المثبط للنبات الناضج على البادرات ، حتى يمكن أن يقال إن النبات يمنع المنافسين الصغار من النمو حتى لا يقاسموه الماء والغذاء القليل .

ولكن التفاعل الكيميائى بين النباتات لا يتسم على الدوام بهذه الفظاظة ، فهناك نباتات تنتج موادكيميائية تنشط نمو غيرها ولا تثبطه . مثال

ذلك البقوليات التى تثرى الأرض بمواد نتروجينية تتاح لغيرها من الأنواع النباتية المصاحبة . ومثال آخر ، شوهد فى غابات جاوة أن لكل نوع من الأشجار مجموعة خاصة من النباتات المتعلقة التى تنبت بذورها على الفروع أو الجذوع وتنمو وتعيش عليها . وهذا التخصص فى العلاقة بين نوع معين من الشجر ومجموعة من المتعلقات قد يدل على أن الشجرة تفرز مواد خاصة تنشط إنبات بذور متعلقات خاصة .

ومن الواضح أن الأمر يحتاج إلى مزيد من الدراسة المستفيضة ، لاكتشاف الحدود الصحيحة للتفاعلات الكيميائية فيما بين النباتات الراقية ، والظاهر أن إنتاج المواد المثبطة للنمو أو السمية التأثير أمر شائع فى دنيا النبات . والأساس طبعا أن هذه التفاعلات الكيميائية بين النباتات ذات صلة بعوامل التنافس ، وهى أعم الظواهر وأكثرها شمولا فى العلاقات النباتية . والتناحر أو التعاون الكيميائى وجه واحد من أوجه متعددة للتفاعلات الكيميائية المعقدة والتى تحدد الأسس الاجتماعية للمجتمع النباتى .

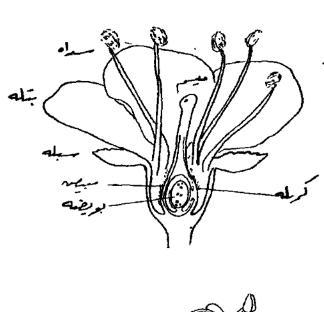
الفصل الخامس

إخصاب الأزهار

ما هي الزهرة ؟ وما هو تركيبها وكيف تقوم بوظيفتها ، وكيف تكونت الأزهار وتطورت فى أكثر من ١٥٠٠٠٠ نوع نباتى تنمو حالياً على الأرض ؟ ما هو المغزى البيولوجى للزهرة ؟

ظلت هذه الأمور غامضة على الذهن البشرى ، رغم أن البشر يعيشون فى دنيا الأزهار منذ كانوا . وبعد جهود موصولة بذلها كثير من علماء النبات فى بقاع العالم كافة ، أصبح فى إمكاننا القول إن الغموض قد انقشع قليلا .

الأزهار هى أجهزة التكاثر فى النباتات . وتتكون الزهرة أساساً من أسدية (الأعضاء المذكرة) تحمل حبوب اللقاح ، وكرابل (الأعضاء المؤنثة) تحمل البويضات . وللكرابل مياسم تتلقى حبوب اللقاح . وعندما يتم التزاوج تنتج البذور . وتحمل أغلب الأزهار العادية الأعضاء المذكرة والأعضاء المؤنثة معاً فى الزهرة الواحدة . وقد يبدو من اليسير أن تلقح الزهرة نفسها ما دامت الأسدية والكرابل معاً ،





(شكل ٩)

إخصاب الزهرة يمثله رسمان تخطيطيان لزهرة المشمش. الأول للزهرة المتفتحة وقد تلقى الميسم حبة لقاح. والثانى يمثل الأنبوبة الممتدة عن حبة اللقاح تشق طريقها فى أنسجة الكربلة حتى تصل إلى البويضة فتفرغ فيها نواتان ذكريتان، الأولى تتحد مع البيضة فينتج الجنين، والثانية تتحد مع النواة الوسطى وينتج عن ذلك نسيج الأندوسبرم الذى يختزن فيه الغذاء. وفى هذه المرحلة تذبل البتلات.

ولكن الواقع أن التلقيح الذاتى لا يتسنى لأغلب الأزهار ، بل تأتى للزهرة حبوب اللقاح من نباتات أخرى من نفس نوعها . هذا التلاقح ينطوى على مزايا من ناحية التطور ، لأنه يجمع عوامل وراثية مختلفة (من الأبوين) وينتج عنه ذرية أكثر تنوعا ومرونة .

وقد يبدو هذا التلاقح يسيراً فى دنيا الحيوان ، فالذكور والإناث تدفعها الرغبة فى التزاوج إلى السباحة أو الزحف أو الطيران بحثاً عن القرين ، حتى يتم اللقاء . ولكن اجتماع نباتين مزهرين مربوطين فى الأرض بجذورهما ، يبدو مستحيلا مالم يتدخل طرف ثالث ليحمل حبوب اللقاح من زهرة إلى الميسم فى زهرة أخرى . وقد يتولى هذه المهمة الريح أو تيارات الماء أو الحشرات أو غيرها من الحيوانات . ومن الواضح أن ذلك لا يتم إلا أن يكون فى هذا العمل فائدة لمن يحمل اللقاح ، أو أن يكون عملا تلقائياً لا مناص عنه . وتركيب أغلب الأزهار يتلاءم مع وسيلة اللقاح التى تمارسها . فالأزهار المختلفة الأشكال والألوان والتركيب وغير ذلك من الصفات تتناسب مع طرق اللقاح المختلفة حتى ليمكن تصنيف الأزهار جميعاً إلى عدد من المجاميع تتميز كل منها بوسيلة خاصة لانتقال حبوب اللقاح ، فيقال أزهار النحل ، وأزهار الفراشات ، وأزهار الذباب ، وأزهار الخنافس ، وأزهار الطيور ، وأزهار الخفافيش ، وأزهار الرياح .. إلخ .

ومن أزهار النحل الأراشيد والبربينا والبنفسج والأخيليا الزرقاء والعايق والبيش والسيسم وكثير من نباتات العائلة الشفوية والعائلة البقلية وغيرها . وتحوى كل هذه الأزهار رحيقاً تكافئ به النحل ، وتكاد تعلن عن نفسها بألوان البتلات الزاهية ، وعطورها الزكية . والنحل وأزهار النحل متلائمة فى التركيب البيولوجى وفى طبائع الحياة. فأغلب أزهار هذه المجموعة زرقاء أوصفراء أوخليط من هذين اللونين ، ودلت التجارب على أن قدرة النحل على الإبصار محدودة بالجزء من طيف الضوء الذى يشمل هذين اللونين ، والنحل لا يبصر اللون الأحمر. ويستجيب النحل للروائح العذبة والعطرية والنعناعية ، ولا يستجيب قط للروائح القبيحة . والنحل يطير خلال النهار ، وخلال النهار تتفتح أزهار النحل وتغمض ليلا . ومن عادة النحلة إذا جاءت لزيارة زهرة أن تهبط على إحدى بتلاتها ، وفى أغلب أزهار النحل توجد بتلة بارزة ومهيأة كأنها رصيف خاص لهبوط النحلة . ثم تتقدم النحلة نحو مناهل الرحيق وهى فى الغالب عند قاعدة البتلات ، وتمد لسانها الطويل ليلعق الرحيق ، الأمر الذى لا تستطيعه أغلب الحشرات الأخرى . وبينما النحلة تلعق الرحيق ، تحتك شعيرات جسمها بالأسدية فتتعلق بها حبوب اللقاح ، بل إن تركيب أسدية بعض أزهار النحل يشبه الرافعة ، وللرافعة جزء يشبه الزناد تدفعه النحلة فى طريقها ، فتعفر حبوب اللقاح أجزاء

معينة من جسم النحلة . فإذا انتهت النحلة من زهرة ، طارت إلى زهرة أخرى . وللنحلة غريزة تحددها بأزهار نوع واحد فى الوجبة الواحدة، وتتعرف على النوع بشكل أزهاره ولونها ورائحتها . هذا النظام يناسب النبات لأنه يحقق وصول حمل حبوب اللقاح إلى الزهرة المناسبة أى التى يمكن أن تفيد حبوب اللقاح . ولما كانت الأسدية والكرابل فى زهرة واحدة ، فإن النحلة فى زيارتها تحمل إلى الزهرة كمية من حبوب لقاح زهرة أخرى ، وتحمل عنها كمية من حبوب اللقاح تنقلها إلى زهرة أخرى وهكذا يتم هدا التلقيح الخلطى .

وتكثر نباتات أزهار النحل فى الأجزاء المشمسة الجافة وشبه الجافة من المناطق المعتدلة . وهى الأجزاء من العالم ذات الجو الذى يناسب النحل . وبعض النباتات التى يلقحها النحل تعجز عن التكاثر فى المناطق التى لا يوجد بها أنواع خاصة من النحل . مثال ذلك نبات البيش الذى لا يوجد خارج المناطق التى يوجد فيها النحل الزفاف . والبرسيم الحجازى — وهو واحد من محاصيل العائلة البقلية — كثيراً ما يكون عقيما فى كاليفورنيا حيث يندر النوع الخاص من النحل فى حقول الزراعة الصناعية حيث ضجيج الآلات كثير .

أما أزهار الفراشات فهى كثيرة جداً ، منها شب النهار والطباق والأخيليا الصفراء والطاطورة والعلوك وإبرة آدم والفلكس وبعض أنواع ورد المسا وكثير من الأراشيد والقرنفل وأنواع السوسن .

ولجميع أنواع فراشات التلقيح ألسنة طوال تلعق بها الرحيق ، وفى واحد من هذه الأنواع يبلغ طول اللسان حوالى ٢٥ سنتيمتراً . وتختلف الفراشات عن النحل فى أنها لا تحط على الزهرة أثناء تناولها الطعام إنما تظل ترفرف فوق الزهرة ولسانها الطويل يعب فى الرحيق . وتجذب الفراشات نحو الزهرة شكلها ورائحتها ، على أن أغلب الفراشات تطير عند الشفق وأثناء الليل ، ولذلك فأكثر ما يجذبها الألوان البيضاء والشذى العبق . هذه الأزهار تتفتح قرب الغروب وفى أوائل الليل ، وتغمض أثناء النهار والشمس طالعة . على أن بعض أنواع الفراش تتغذى أثناء النهار وتجذبها ألوان الأزهار الحمراء ، وهى ألوان لا تراها أنواع النحل .

ويوجد رحيق أزهار الفراشات عند قاعدة أنبوبة التويج الطويلة حيث لا يناله غير الفراشات ذات اللسان الطويل . ويتناسب طول لسان بعض أنواع الفراش مع طول تويج الزهور التى يزورها . والفراشات ، مثل النحل ، تتغذى فى الوجبة الواحدة على أزهار نوع واحد من النبات . وأزهار الفراشات كثيرة الانتشار فى المناطق الحارة والمعتدلة الدافئة ، ولكنها لا توجد فى المناطق المتجمدة الشمالية الجنوبية .

أما أنواع الذباب التى تتغذى على الأزهار فتنقسم إلى مجموعة طويلة

اللسان ، ومجموعة قصيرة اللسان . والذباب طويل اللسان يغتذى على رحيق أنواع الأزهار التى يغتذى عليها النحل ، لأنها تلائم تركيبها الجسدى وطبائعها وإدراكها الحسى ، أما الذباب قصير اللسان فله نباتات متميزة يصح أن نسميها أزهار الذباب . والذباب قصير اللسان أنواع كثيرة تتبع بضعاً وثلاثين عائلة ، وتمثل مجموعة متنوعة متباينة لا تميزها صفات معينة تتواءم مع الغذاء الزهرى ، وأغلبها يعتمد فى غذائه على مصادر أخرى كالجيف والروث والدبال والدم وغيرها . والأزهار الى تجذب الذباب تتميز بروائح تشابه ريح هذه المواد ، والذباب ينجذب أساساً بحواس الشم دون حواس البصر التى تجذبها ألوان الزهور على نحو ما لاحظنا فى أزهار النحل والفراشات . وأغلب أزهار الذباب باهتة اللون كريهة الرائحة ، ومثال ذلك زهور نبات الرافلزيا الذى ينمو فى الملايو ولها رائحة السمك المتعفن ، وزهور نبات الأرم الأسود ولها رائحة البراز البشرى ، وغير ذلك أمثلة عديدة لزهور لها رائحة زيت السمك ، أو رائحة الطباق المتعفن ، أو رائحة الدبال .

ويمكن القول بأن تصرف الذباب قصير اللسان فى علاقاته مع الأزهار لا يتسم بالهمة ولا المهارة بل بالغباء . فكثير من الأزهار التى ينقل الذباب عنها وإليها حبوب اللقاح لا تتيح لزوارها الرحيق ،

بل ينجذب الذباب نحو خطوط أو بقع براقة ، ومثال ذلك نوع من السفرس ، وعنب الثعلب ، ونوع من الأراشيد يسمى الأوفريس .
وأزهار بعض أنواع الغاغة والأرم لا تقتصر على حرمان الذباب من الرحيق ، بل تحبس الذبابة فى التويج مدة يوم أو يومين وتغمرها بحبوب اللقاح ، حتى إذا أفرج عنها طارت لتقع فى مصيدة زهرية أخرى تتلقى منها حمولتها من حبوب اللقاح ، وتغمرها بحبوب جديدة .
وقد عبر عن هذه العلاقات أحد علماء النبات قائلا إن البون شاسع بين لقاء الأزهار للنحل ولقاءها للذباب . فالنحل ذو الكفاءة والدأب يجد فى الزهرة الرحيق وحبوب اللقاح والحماية ، بل يجد محطا معدا لنزوله ، وتجذبه ألوان زاهية وشذى طيب . أما الذبابة الغبية فتجد مزالق تحت أقدامها وسجنا ولا رحيق بعد ذلك ولا غذاء .

وتوجد أزهار الذباب عادة فى نباتات منطقة القطب الشمالى ومناطق الجبال العالية حيث يندر وجود النباتات التى يعتمد تلقيحها على حيوانات غير الذباب . وتوجد هذه النباتات أيضا فى ظل الغابات فى المناطق الدافئة والحارة .

أما أزهار الخنافس فتجذب زوارها حملة حبوب اللقاح بالرائحة أكثر مما تجذبهم بالمنظر . وأغلب خنافس الأزهار لا تتميز بصفات خاصة تلائم التغذية الزهرية ، والواقع أنها تعتمد أساسا على موارد

أخرى للطعام كعصارة الشجر والثمار والأوراق والروث والجيف وغيرها . وربما جذبت الخنافس إلى الأزهار روائح ثمرية أو ترابية .
ويوجد نوعان رئيسيان لأزهار الخنافس : الأول له أزهار كبيرة متفرقة مثل المجنوليا والبشنين وخشخاش كاليفورنيا وفلفل كارولينا والورد البرى ، والنوع الثانى له أزهار صغيرة تتجمع فى نورات مثل القرنوس والبيلسان وحشيشة النزف والعوسج وبعض أنواع الأرم والبقدونس وغيرها .

وعندما تزور الخنفسة هذه الأزهار لا تكتفى بالرحيق وغيره من عصارات الزهرة تلعقه ، إنما تلتهم أيضا البتلات والأسدية ولا ينقذ الكرابل من هذا الهجوم إلا أن تكون مدفونة تحت الحجرة الزهرية التى يكونها الكأس والتويج . وبعض هذه الأزهار تحبس زوارها ريثما يلتقط الميسم حبوب اللقاح ، وتذرى الأسدية بعض حبوبها على جسم الزائر السجين ، ثم تفتح الزهرة مخرجا تهرب خلاله الخنفسة . على أن لبعض أزهار الخنافس حجرة زهرية مفتوحة للزوار جميعاً فتكون مكانا تجتمع فيه أنواع من الحشرات الصغيرة . وتكثر أزهار الخنافس فى المناطق الحارة وتقل فى المناطق الباردة .

والشائع أن الحشرات هى أهم الكائنات الحيوانية فى المعاونة على عمليات نقل حبوب اللقاح من زهرة إلى زهرة أخرى . ولكن الواقع

أن بعض أنواع الطيور قد تبز الحشرات وخاصة فى بعض المناطق الحارة ونصف الكرة الجنوبى . فللطيور الطنانة أهمية خاصة فى أمريكا الشمالية والجنوبية ، وللتميرات أهمية خاصة فى أفريقيا وآسيا ،وللطيور آكلة العسل وطيور اللوريك أهمية خاصة فى أستراليا . وغيرها الكثير من الطيور التى تزور الأزهار لتغتذى على رحيقها ، أو على الحشرات التى تعيش فى الحجرة الزهرية ، أو على حبوب اللقاح .

وللطيور حاسة نظر قوية ، وحاسة شم ضعيفة . ولذلك فأزهار الطيور تجذب زوارها باللون ، وأغلبها كبير الحجم زاهى اللون والكثير منها لا رائحة له . وعين الطائر ، مثل عين الإنسان ، أكثر حساسية للجزء الأحمر من الطيف ، وأقل حساسية للجزء الأزرق والبنفسجى . والألوان الغالبة فى أزهار الطيور هى الأحمر والأصفر ، ومثال ذلك الأخيليا الحمراء، والفوسكيه وزهر الآلام والكافور والتيل وبعض أنواع الباسلاء والصبير والأنناس والموز وغير ذلك . وهى أزهار كثيرة فى المناطق الحارة والدافئة .

وتمتص الطيور الطنانة الرحيق وهى ترفرف بأجنحتها لدى الزهرة وأغلب أزهار هذه الطيور من النوع المتدلى . أما التميرات فهى تهبط على الزهرة وغالبا ما تكون الأزهار قائمة وبها موضع لهبوط الطائر

الصغير . ويدس الطائر منقاره إلى داخل الزهرة مما قد يسبب تلفا وتمزيقا للأجزاء الداخلية ، على أن المبيض غالبا ما يكون فى وضع عميق تحت الحجرة الزهرية . والبتلات ملتحمة وتكون أنبوبة تحوى كمية عظيمة من الرحيق الخفيف . وكثيراً ما يتلاءم طول الأنبوبة وشكلها مع طول المنقار وانحنائه . والأسدية غالبا ما تكون زاهية اللون كثيرة العدد مقوسة نحو الخارج ، حتى لتلمس صدور الطيور ورءوسها وهى تطعم . وحبوب اللقاح كثيراً ما تتماسك فى سلاسل أو كتل لزجة ، ولذلك فتكفى زيارة واحدة لنقل كميات من حبوب اللقاح تكفى لإخصاب عشرات بل مئات من البويضات .

وتظهر أهمية الطيور كعوامل للتلقيح من دراسة نبات السيسل الأمريكى (نبات من المكسيك) الذى تلقحه الطيور الطنانة . وينمو هذا النبات عقيما ولا يتكاثر إذا نقل إلى أوربا حيث لا توجد الطيور الطنانة على كثرة زيارة النحل لأزهاره .

أما أزهار الخفافيش ، فتلقحها أنواع من خفافيش المناطق الحارة ، لها فم طويل ولسان يمتد ، وأسنانها الأمامية قصيرة أو غير موجودة ، وكل ذلك يلائم تغذى الخفافيش على الأزهار . وهى تطعم ليلا ، ويهديها إلى موضع الأزهار حاسة الشم الحادة . والخفاش يتسلق الزهرة ،

ويمسك نفسه إليها بمخالبه ثم يمد فمه ولسانه إلى الحجرة الزهرية ليمتص الرحيق أو يلتهم الحشرات الصغيرة التى توجد داخل الزهرة ، وربما يمضغ حبوب اللقاح والبتلات أيضا . وأغلب أزهار الخفافيش كبيرة غبراء اللون ، ونباتاتها أشجار كبيرة . وتتفتح الأزهار ليلا ، وتجذب إليها الخفافيش رائحة كرائحة التخمر أورائحة الفاكهة تفرزها الأزهار ليلا . ومن أمثلتها أزهار الكلباش . والمشطورة ، وشجرة الشمعة وكثير غيرها .

أما الأزهار التى يلاقحها الريح ، فليس لها الألوان الزاهية ولا الروائح الخاصة ولا الرحيق ولا غيره مما يغرى على الزيارة . بل إن أغلبها غير ذى تويج . أما الأسدية والمياسم فهى بارزة ومعرضة لتيارات الهواء . وتنتج الأسدية كميات هائلة من حبوب اللقاح الخفيفة الوزن الناعمة الملمس ، مما ييسر ذروها لمسافات بعيدة طولا وعرضاً ، حتى إن بعض هذه الحبوب أمكن جمعها عبر المحيط الأطلسى على بعد مئات الأميال من منابعها . والأعضاء المختلفة للتكاثر غالبا ما تكون فى أزهار منفصلة ، فالأزهار إما مذكرة وإما مؤنثة . وقد تكون الأزهار بنوعيها على الأجزاء المختلفة من النبات الواحد ، أو قد تكون على نباتات مختلفة ، فتكون بعض النباتات ذكوراً والأخرى إناثا . والمياسم ريشية

أو ذات فريعات كثة أو شحمية ، ولذا فالحبوب التى يحملها الريح تلتصق بها . ومن البدهى أن حبوب اللقاح التى تذروها الرياح تتفرق حتى لا تقع على المياسم إلا آحادا قليلة . ولذلك فالبويضات التى تخصب تعد بالآحاد فى كل كربلة ، حتى إن أغلب الأزهار التى تلاقحها الرياح تنتج ثماراً ذات بذور مفردة ، مثال ذلك زهرة البلوط التى تنتج كرنة ثمرية بها بذرة واحدة ، وزهرة النجيليات كالقمح والذرة والشعير وغيرها ، تنتج حبة فيها بذرة واحدة .

وتكثر الزهور التى تلاقحها الرياح فى المناطق الباردة والمناطق المتجمدة الشمالية والجنوبية ، حيث لا تعيش أغلب حشرات التلقيح . ومن أمثلة النباتات التى تتلاقح بالريح ، النجيليات والحلفاوات والأسل والبوط والحماض والزربيح والعنب والحريق والموز والحراية والبندق والتامول والبلوط والحور وغيرها .

وتجمع بعض الأزهار بين صفات مجموعتين مما ذكرنا . فالذرة تلاقحها الريح عادة ، ولكن النحل يزورها ويعاون فى نقل حبوب اللقاح . وبعض أنواع الخلنج الأوربى يلاقحها النحل فى الربيع ، ولكن الرحيق يجف فى أواخر الموسم ويكون نقل حبوب اللقاح بوساطة الريح . وأزهار الفلكس تلاقحها فى العادة الفراشات ، على أنها تتلاقح أحيانا بوساطة حشرات التربس . ولا شك أن التغير فى وسيلة التلاقح

قد حدث خلال التاريخ الجيولوجى للأرض ، ومتابعة هذا التطور التاريخى يظهر لنا أهمية عوامل التلقيح فى تطور الأزهار .

والدلائل الحفرية تبين أن الأزهار ظهرت على سطح الأرض خلال منتصف العصر الحيوانى الأوسط ، أى منذ حوالى ١٥٠ مليون سنة . وقد كانت الأزهار الأولى تتلاقح بالريح ، وكانت تشبه فى تركيبها بعض ذوى قرباها من النباتات التى توجد حالياً . فالأعضاء المؤنثة منفصلة عن الأعضاء المذكرة فى أزهار مستقلة ، وحبوب اللقاح مجنحة فى بعضها . وكانت البويضات محمولة فى مخروطات أو على أوراق ، وكانت تفرز قطرات من عصارة كالرحيق . ومع تعاقب الزمن اكتشفت الخنافس ، التى تتغذى على عصارة الأشجار ورشنها أو على أوراقها ، هذه القطرات الرحيقية التى تفرزها الأزهار . ومع ترددها على هذا المورد الغذائى الجديد نقلت - دون وعى — حبوب اللقاح إلى البويضات . ولاشك أن هذه الوسيلة الجديدة للتلاقح أعظم كفاءة من وسيلة الريح التى تستلزم إنتاج كميات هائلة من حبوب اللقاح . وما زالت عوامل الانتخاب الطبيعى بهذه الصفة الجديدة حتى لاءمت بين تركيب الأزهار وبين التلاقح عن طريق الخنافس . وأول خطوات هذه الملاءمة كانت إخفاء البويضات وحمايتها بجدار يحفظها من مضغ الخنافس ، وطريقة ذلك تحويل الورقة أو الساق التى تحمل البويضة إلى كيس يسمى

كربلة له جهاز لاستقبال حبوب اللقاح هو الميسم بعد أن كانت البويضة تتلقى حبوب اللقاح مباشرة . وتجذب الخنافس نحو المياسم إفرازات رحيقية ، حتى إذا جاءت الحشرة لتلعق الرحيق تركت على الميسم شيئاً من حبوب اللقاح يكفى لإخصاب عدد من البويضات . وبدأ يكثر عدد البويضات فى الكربلة الواحدة حتى بلغ العشرة والعشرين وزاد . ولذلك فالانتقال من التلقيح الهوائى إلى التلقيح الحشرى يعنى زيادة فى خصوبة النبات وقدرته على التكاثر .

وما تزال خطى التطور آطرد ، فالأسدية والكرابل تتجمع فى أزهار واحدة ، وعدد الأسدية يزداد حتى إذا التهمت الخنافس بعضها بقى البعض الآخر يؤدى وظيفته . ثم عمقت بعض الأسدية وتحولت تدريجياً إلى بتلات ذات ألوان زاهية ، وبذلك اتخذت الزهرة شكلها الحديث .

هذه ، فى أغلب الظن ، هى مراحل تطور الزهرة . فالأزهار البدائية التى نعرفها تلاقحها الخنافس ، وبعدها تتابعت مرحل التطور إلى الأزهار ذات البتلات المنفصلة والرحيق . فلما ظهرت حشرات النحل والفراشات وذباب الأزهار فى مستهل العصر الثلاثى — أى منذ حوالى ٧٠ مليون سنة — صاحب هذا مرحلة تطور الأزهار بما يلائم الحشرات ذات الألسنة الطويلة ، فالتحمت البتلات مكونة أنابيب تويجية يتجمع فيها الرحيق ، والتحمت الكرابل إلى متاع موحد له مبيض وقلم وميسم

مركزى . ومن الطبيعى ألا تتيح الأنابيب التويجية الطويلة الغذاء للخنافس وغيرها من الحشرات غير ذوات الألسنة الطويلة ، واقتصر التلاقح الحشرى على النحل والفراشات وأضرابها . وبذلك دخل تطور الزهرة مرحلة أخرى فيها تخصص فلم تعد تنقل حبوب اللقاح أى حشرة عابرة ، إنما أصبح لكل تركيب زهرى نوع خاص من ناقلات حبوب اللقاح .

الجزء السابع

علم الوراثة التطبيقى

تأليف : بول س . ماجلسدورف

الفصل الأول ــ القمح

الفصل الثانى ــ الذرة

الفصل الثالث ــ الذرة الهجين

الفصل الأول

القمح

القمح هو أوسع المحاصيل انتشاراً ، فهو أهم محصول فى الولايات المتحدة وكندا ، ويزرع فى مساحات شاسعة من أمريكا الجنوبية وأوربا وآسيا وشمالى أفريقيا . . وللقمح أصناف كثيرة ، ولعل أصناف القمح التى تزرع فى العالم أكثر عدداً من أصناف أى نوع من النباتات البرية أو المزروعة . وفى كل شهر من شهور السنة تنضج محاصيل القمح فى مكان ما من العالم ، وتزرع حبوب جديدة .

وتدل القرائن على أن القمح كان من أوائل المحاصيل التى زرعها الإنسان ، فقد وجدت حبوب القمح المتفحمة فى حفريات قرية جارمو بشرقى العراق والتى تعتبر أقدم قرية تم اكتشافها إلى الآن ، ويرجع تاريخها إلى ٦٧٠٠ سنة . ولعلها إحدى القرى التى شاهدت مولد الزراعة وقد درس المؤلف بعض هذه الحبوب ، وقارنها بحبوب حديثة متفحمة صناعياً فوجد التشابه بينها ملفتا للنظر . ومكنت له هذه الدراسة تحديد أنواعها وأرجعها إلى نوعين من الحبوب : نوع يطابق القمح

البرى (انيكورن برى) الذى يوجد حاليا فى منطقة الشرق الأوسط والثانى يطابق نوع القمح الزراعى (ذو الحبة الواحدة أو انيكورن زراعى) . والواضح أن هذا القمح الذى يزرع حاليا لم يتعرض لأى تغيير يذكر خلال السبعة الآلاف سنة الماضية .

وزراعة القمح وضعت حجر الأساس للحضارة الغربية . والواقع أن الحضارات جميعا كان أساسها واحداً من محاصيل الحبوب . فحضارة بابل ومصر وروما واليونان اعتمدت على زراعة القمح والشعير والشيلم والشوفان ، مثلها فى ذلك مثل حضارات شمال وغرب أوربا . أما حضارة الهند والصين واليابان فكان أساسها الأرز ، وحضارة أمريكا القديمة كان أساسها الذرة ، فما هو السر فى هذه الصلة الوثيقة بين الحضارة وزراعة الحبوب ؟ قد تكون علاقة غذائية ، فثمرة هذه المحاصيل حبة ذات غلاف رقيق يحوى بذرة .وفى البذرة - مع الجنين النباتى - كمية من الغذاء المخزون . أى أن حبوب النجيليات ، مثلها فى ذلك مثل البيض واللبن الحيوانى ، تحوى مواد غذائية هيأتها الطبيعة لغذاء النباتات الصغيرة فى مراحل نموها الباكر ، ففيها النشويات والبروتينات والدهون والأملاح والفيتامينات . وحبة المحصول النجيلى ، إذا لم تفسدها عمليات الطحن والإعداد الآلى الحديث ، أقرب إلى الغذاء المثالى من أى محصول نباتى آخر . واكتشف هذه الحقيقة الإنسان

القديم، وأفاد منها . وهنود جواتيمالا كانوا يعيشون على طعام تبلغ نسبة الذرة فيه ٨٥ ٪ ، وفى الهند كان الناس يعيشون على الأرز فقط فى بعض الأحيان . وقد لا يتفق هذا الغذاء مع الآراء الحديثة فى علم التغذية ، ولكنها أفضل من الطعام الذى يتكون أغلبه من المحاصيل الدرنية كالبطاطس والبطاطة والكزافة ، أو من البقوليات البروتينية كالفول والبسلاء والعدس .

وربما ترجع العلاقة بين الحضارة ومحاصيل الحبوب إلى النظام الذى تفرضه زراعتها . فالحبوب تزرع فى أوقات معينة من السنة ، تختلف من مكان إلى آخر على الأرض ، وتحصد فى أوقات معينة تجب مراعاتها بدقة . وفى ذلك تختلف الحبوب عن المحاصيل الجذرية التى يمكن أن تزرع وتحصد فى أى وقت من أوقات السنة فى المناطق المعتدلة المناخ . كما أن زراعة المحاصيل الدرنية يمكن أن يمارسها الرجل ممن يزورون موضع الزراعة بين الحين والحين . أما زراعة الحبوب فتحتم حياة مستقرة ، بل إنها دفعت الإنسان إلى ملاحظة الفصول وتنقلات الشمس والقمر والنجوم . فى العالم القديم والعالم الجديد ابتكر زارعو الحبوب علم النجوم والتقاويم ونظام الحساب . وزراعة الحبوب التى وفرت للناس غذاءهم الدائم وفرت لهم أيضاً بعض وقت الفراغ ووقت الفراغ أتاح الازدهار للفنون والحرف والعلوم . حتى

لقد قيل إن « زراعة الحبوب وحدها ، دون غيرها من أوجه إنتاج الطعام الأخرى ، تحمل الإنسان على العمل وتستثير فيه قوى الابتكار بدرجات متساوية » .

وفى هذا الزمن يعتبر القمح – بلا شك – أهم الحبوب التى يصنع منها الخبز ، ويكاد يكون استعماله قاصراً على هذا الغرض . ولكن صناعة الخبز . بما تحتاج إليه من فن وخبرة ، لم تصاحب نشأة القمح كمحصول زراعى وغذائى ، وتناول طعام القمح بدأ بتحميض الحبوب أو شيها حتى تصبح مستساغة . فالقمح البدائى ، مثل غيره من الحبوب القديمة ، كانت تحوط حباته أغلفة خشنة هى القنابع الحرشفية ، والتسخين ييسر إزالة هذه القنابع بالدعك ، وييسر أيضاً مضغ الحبوب أو صحنها . وما يزال الناس فى بعض مناطق الشرق الأوسط يحمصون الحبوب غير الناضجة . وكان الأسكتلنديون إلى عهد غير بعيد يتخلصون من حراشيف الشعير بتحريق السنابل قبل دراسها وما زال هنود الشيبوا يجهزون الأرز البرى بتسخين الحبوب ثم ضربها على جذوع مجوفة . ولا شك أن أول استعمال الذرة فى أمريكا طعاماً كان مشويا ، وقد وجدت بقايا الذرة المقشر فى الحفائر القديمة فى أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية . وفى الهند تحمص بعض أصناف الأرز بتقليب الحبوب مع الرمل الساخن ، وفى كثير من القرى يوجد « محمص القرية » الذى يتولى عن

الناس مهمة تحميص حبوبهم نظير نصيب من النتاج .

وتدل القرائن التاريخية والنباتية على أن القمح كان يؤكل محمصاً فى أول تاريخ هذا المحصول . وتوجد فى حفائر قرية جارمو العراقية أفران تدل على استعمال النار وحرارتها فى هذه الأغراض . وكل الحبوب التى وجدت فى الحفائر القديمة كانت سوداء متفحمة مما يدل على أنها تعرضت للتحميص ، ولو لم تكن كذلك لتعفنت وتلفت طول القرون الكثيرة . والأنواع القديمة من القمح كان لحبوبها قشر لا يمكن التخلص منه بالدراس ، والوسيلة اليسيرة لذلك هى التحميص .

أما المرحلة الثانية فغالبا ما كانت دق الحبوب المحمصة وجرشها ، ثم نقع المجروش فى الماء ليكون منه ثريد . وربما كان الثريد ابتكاراً أنقذ حياة الكثيرين من الشيوخ والأطفال الصغار ممن لا أسنان لهم . والمعروف أن الثريد أو العصيدة من أقدم أشكال الطعام الإنسانى وقد كانت عصيدة الشعير المحمص الغذاء الرئيسى لسكان اليونان القدماء ، وكان للهنود الأمريكان عصيدة من الذرة ما زال لها شبيه إلى يومنا هذا فى أنواع الطعام الأمريكية

وأما ترك الثريد فى المساكن الدافئة بضعة أيام قليلة ، فإن أنواعاً من الخميرة سرعان ما تغزوه وتخمر بعضاً من السكر الموجود فى الحبوب وينتج عن ذلك شراب كحولى . ولعل هذه الظاهرة هى التى وجهت النظر لصناعة الخبز بعد تخمير العجين . ومع ذلك فما زال التساؤل

قائماً عن أى الصناعتين كانت أسبق : صناعة الخبز أو صناعة الخمر ؟ يعتقد البعض أن التخمر سبق الزراعة نفسها ، دون أن يستند هذا الرأى إلى وقائع تاريخية أو أسانيد من علم الحفائر القديمة . بل إن وثائق قدماء المصريين تحوى طريقة صناعة الجعة من خبز لم يتم نضجه . والذى لا شك فيه أن الصلة وطيدة بين صناعتى التخمير والخبز . فكلاهما يعتمد على نشاط الخميرة .

على أن صناعة الخبز الحديث لم تكتمل لها الأسباب قبل ظهور نوع جديد من القمح نتيجة لتطور القمح وللعبقرية البشرية . ويتميز القمح عن غيره من المحاصيل بالاختلافات المعقدة بين أصنافه ، فالمحاصيل الأخرى ، ومنها محاصيل الحبوب كالأرز والذرة ذات الأصناف العديدة ، تنتظم أصنافها فى مدارج متصلة من الاختلافات ، ولذلك تقع جميعاً ضمن نوع نباتى واحد لكل محصول . أما أصناف القمح فتنتظم فى مجاميع متميزة ومختلفة بعضها عن بعض ، ولذلك تقسم إلى أنواع نباتية لجنس « التريتكوم » وهو من أجناس الدنيا القديمة . وقد كانت أنواع القمح موضوعا لدراسات مستفيضة على نطاق دولى ، وعلى نحو لم تحظ به أية مجموعة نباتية أخرى سواء النباتات البرية أو الزراعية . وقد بدأت نتائج هذه الأبحاث تلقى الضوء على مراحل تطور القمح تحت تأثير الزراعة .

وقد اختلف العلماء فى تحديد عدد الأنواع النباتية للقمح ، ولكنا هنا نتبع رأى العالم الروسى نيقولاى فافيلوف وتلاميذه والذى يقول بوجود ١٤ نوعا . وقد زاد فى تقدير غيره من علماء النبات عدد الأنواع أو خفض قليلا . على أن هناك إجماعا على أن أنواع القمح تقع فى مجموعات ثلاث تتميز كل منها بعدد من الكروموسومات فهى فى الخلايا التناسلية ٧ و ١٤ و ٢١ على التوالى . ويتصل بهذه الأعداد اختلافات فى التشريح والشكل والقدرة على مقاومة الأمراض ووفرة الإنتاج وصفات الطحين والخبز .

والواضح أن أنواع القمح ذات الأربعة عشر كروموسوما ، والواحد وعشرين كروموسوما نشأت بالتهجين ومضاعفة الكروموسومات من أنواع القمح ذات السبعة كروموسومات . ونظراً لأن تطور القمح تضمن دخول أجناس من النجيليات ، فإن أنواع القمح تختلف فى عدد الكروموسومات وفى طبيعتها . وتتضح العلاقة بين الكروموسومات المختلفة بدراسة درجة الازدواج الكروموسومى فى الخلايا التناسلية للهجين ، فإذا كان الازدواج تاماً فإنه يعنى أن مجموعتى كروموسومات الوالدين متطابقة أو قريبة الشبه ، فإذا لم يحدث الازدواج فإنه يعنى أن مجموعتى كروموسومات الوالدين مختلفة . وقد أمكن تمييز أربع

مجموعات فى أنواع القمح البرية والمزروعة ، سميت بالحروف : ا ، ب ، د ، حـ . وكل منها يحتوى على سبع كروموسومات .

ويمثل شكل السنبلة وجهاً آخر من أوجه الاختلاف بين أنواع القمح . فلأنواع القمح البدائية سنبلة ذات محور مركزى متقصف أى يتكسر عند النضج إلى أجزاء تيسر عملية انتشار البذور . فإذا درست هذه السنابل تقطعت إلى سنيبلات فى كل منها حبة أو أكثر محوطة بحراشيف . ومع تطور القمح الزراعى اختفت هذه الصفة الهامة فى مجال التكاثر البرى ، ونشأت أشكال جديدة من القمح تتميز بسنابل ذات محور صلب يبقى متماسكا عند النضج ، فإذا درست مثل هذه السنابل انفصلت الحبوب عن حراشيفها القنبعية، والحبوب التى يفصلها الدراس عن حراشيفها أيسر فى تناول الطحن والخبز من الحبوب التى تبقى لاصقة بحراشيفها . ولذلك فالأنواع الحديثة من القمح تتميز بالحبوب المتعرية أى التى يفصلها الدراس عن حراشيفها .

أما أنواع القمح ذات الكروسومات السبع ، فهى أقدم الأنواع جميعاً ، وهى نوعان : قمح الإينكورن البرى وقمح الإينكورن الزراعى ويسمى القمح ذو الحبة الواحدة . وقد وجدت حبوب هذين النوعين فى حفائر جارمو العراقية ، على أننا لا نقطع أنهما النوعان الوحيدان الموجودان فى هذه الحفائر . ولهذين النوعين سنابل متقصفة ،وحبوب

لاصقة بحراشيفها ، ولها مجموعة متشابهة من الكروموسومات وهى المجموعة ا . ولذلك فالتهجين بينهما يسير ، وهجنهما خصبة . وللأصناف المزروعة حبوب أكبر وسيقان أقوى من الأصناف البرية ، ولا يكاد يوجد اختلاف بين هذين النوعين ذلك . ولا شك أن القمح ذا الحبة الواحدة هو النوع المستأنس لقمح الإينكورن البرى . ويبدو أنهما لم يتعرضا خلال الأجيال الطويلة إلا للقليل من التغيير .

يقع مركز التوزيع الجغرافى لقمح الإينكورن البرى فى جمهوريتى أرمينيا وجورجيا السوفيتية ، وتركيا ، ويمتد التوزيع شرقا إلى شرقى القوقاز وغربى إيران ، وغربا إلى سفوح التلال اليونانية والبلغارية وجنوبى يوغوسلافيا . ويعتقد فافيلوف أن قمح الإينكورن الزراعى (ذا الحبة الواحدة) نشأ فى المناطق الجبلية فى شمال شرقى تركيا وجنوب غربى القوقاز ، وربما يضاف إلى ذلك شرقى العراق . ومما لاشك فيه أنه محصول قديم جداً ، فقد وجدت حبوبه المتفحمة فى حفائر العصور الحجرية فى شمال شرقى أوربا . على أن الدلائل لم تقم على وجوده فى الأزمنة القديمة فى الهند أو الصين أو أفريقيا . وما زال هذا الصنف يزرع إلى يومنا هذا فى المناطق الجبلية ، ذات التربة الرقيقة ، فى أوربا وفى الشرق الأوسط . ومحصوله قليل لا يجاوز ٨ — ١٥ بوشل[1]

---

(١) البوشل : كيل للحبوب سعته ٢٠ أقة .

للفدان الواحد . ويمكن أن يصنع من دقيقه خبز داكن اللون لذيذ النكهة ولكنه يستعمل عادة دون نزع الحراشيف عن الحبوب ، كغذاء للخيل والماشية . وأهمية هذا النوع الحقيقية هي أنه أصل نسلت عنه أنواع أخرى من القمح . فأنواع القمح جميعاً ، فيما عدا القمح الإمرى (ذا الحبتين) ، ترجع إلى قمح الإينكورن وينتمى إلى المجموعة ا ذات السبعة كروموسومات .

وتتمثل المرحلة التالية من مراحل تطور القمح ، فى ظهور الأنواع ذات الأربعة عشر كروموسوما . وهى سبعة أنواع نشأت جميعاً بالتهجين ومضاعفة عدد الكروموسومات . وتشتمل الكروموسومات على سبعة (هى المجموعة ا) جاءت من قمح الإينكورن وسبعة (هى المجموعة ب) التى توجد فى ستة أنواع من السبعة التى تتضمنها هذه المجموعة ، جاءت من أحد النجيليات البرية القريبة من القمح . أما تحديد هذه النجيليات فما يزال موضع الدراسة . ويعتقد البعض أن المجموعة ب جاءت من نبات من نوع السفون ، وهو جنس من أجناس النجيليات الشائعة . وجميع أنواع هذه المجموعة ، عدا نوع واحد هو قمح الإمر البرى ، أنواع زراعية . وقمح الإمر البرى يوجد فى جنوبى أرمينيا وشمال شرقى تركيا وغربى إيران وسوريا وشمالى فلسطين ،وقمح الإمر الزراعى

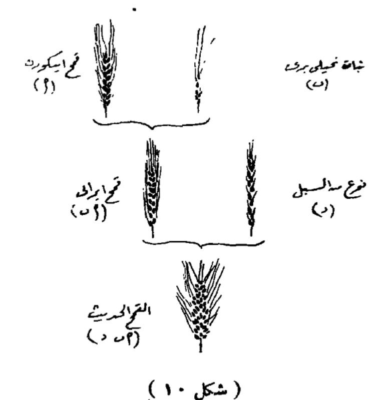
(النوع ذى الحبتين) قريب جداً من النوع البرى ، ويبدو أنه نتج عن استئناسه ، وهو أقدم أنواع القمح ذات الأربعة عشر كروموسوما ، وكان فى بعض الأزمنة أوسع أنواع القمح الزراعى انتشاراً . ومن الجائز أيضاً أن يكون القمح ذو الحبتين نتيجة للتهجين بين القمح ذى الحبة الواحدة وقريب برى له كروموسومات سبعة . والحقيقة أن التهجين بين قمح الإمرى البرى وقمح الإمرى الزراعى (ذى الحبتين) ينتج أحيانا أنواعا عقيمة من القمح مما يدل على أن تركيبها الوراثى غير تام التطابق ، ومما قد يدل أيضاً على أن أحدهما نتج عن تهجين قديم والآخر نتج عن تهجين حديث على أنه لاشك فى قدم القمح ذى الحبتين ؛ فقد وجدت سنابل تامة الشبه به فى مقابر الأسرة الخامسة من أسر قدماء المصريين . ويبدو أنه كان النوع السائد فى الشرق الأوسط خلال التاريخ القديم حتى العصر الرومانى اليونانى . وأنواع الإمر ، مثل أنواع الإينكورن ، ذات سنابل متقصفة ، ويمكن أن يصنع من دقيق قمح النوع الزراعى خبز جيد وكعك بديع . ولكن أغلب محصوله يذهب حالياً إلى غذاء المواشى . وبعض أصناف هذا النوع شديدة المقاومة لصدأ الساق وصدأ الأوراق ، وهى الأمراض الرئيسية للقمح ، ولذلك فله أهمية خاصة فى استنباط أصناف جديدة تقاوم هذه الأمراض .

ومن أنواع القمح ذات الأربعة عشر كروموسوما ، أربعة أنواع ذات سيقان قوية ، وحبوب يسهل فصلها عن حراشيفها ، وهى أنواع الدكر والإيرانى والفينو والبولندى . وهى جميعا أحدث نشأة من الإينكورن والإمر ، وأقدمها القمح الدكر إذ وجد فى العصر الرومانى اليونانى أى حوالى القرن الأول للميلاد ، وأحدثها القمح البولندى الذى يتميز بالسنابل الضخمة والحبوب الطويلة الصلبة إذ كان أول ظهوره فى القرن السابع عشر . وليس لغير القمح الدكر من أنواع هذه المجموعة فى الزمن الحديث أهمية اقتصادية تذكر . والقمح الذكر من أصلح الأنواع لصناعة المكرونة والإسباجتى وأضرابهما من الأطعمة ويزرع بكثرة فى إيطاليا وإسبانيا وأجزاء من الولايات المتحدة . أما نوع القمح الفينو فله أهمية خاصة ، إذ هو أطولها يبلغ ارتفاع الساق ٤ - ٦ أقدام ، ويتميز فى الظروف المناسبة بمحصول وافر جدا ، ولكن حبوبه طرية ودقيقها ضعيف لا يصلح لصناعة الخبز إلا إذا خلط بدقيق غيره من الأنواع . ومن أصناف القمح الفينو صنف يسمى قمح المومياء أو قمح المعجزة ، وله سنابل كثيفة التفرغ . وكثيرا ما ذكر عنه أنه نادر وأن حبوبه وجدت حية فى حفريات قدماء المصريين ضمن لفائف المومياء ، إلى غير ذلك من القصص التى لا تستند إلى أساس من الصحة ولا الصدق . فحبوب القمح لا يزيد مدى حياتها على عشر سنوات ، أضف إلى ذلك

أن هذا النوع لم يكن معروفا فى مصر القديمة .

والنوع السابع من ذوات الأربعة عشر كروموسوما هو الطمفى ، اكتشفه العلماء الروس فى هذا القرن فى غربى جورجيا حيث يزرع فى عدة آلاف من الأفدنة . ولهذا النوع أهمية علمية ، إذ أن له مجموعة الكروموسومات ا والمجموعة الأخرى هى حـ التى لا توجد فى غيره من الأنواع ذات الأربعة عشر كروموسوما . وله أهمية أخرى إذ أنه يقاوم كل الأمراض التى تتعرض لها أنواع القمح الزراعية بما فى ذلك الصدأ والتفحم والبياض . وربما أمكن استنباط أنواع جديدة منه يكون لها أهمية اقتصادية عظيمة .

أما الأنواع ذات الواحد وعشرين كروموسوما ، فعددها خمس . وهى أحدث أنواع القمح وأكثرها فائدة فى الزمن الحديث ، وجميعها من الأنواع الزراعية ، ولا تعرف منها أنواع برية . هذه الأنواع نتجت عن التهجين بين أنواع القمح ذات الأربعة عشر كروموسوما (تتمثل فيها المجموعتين ا و ب) وواحد من النجيليات القريبة من القمح من ذوات السبع كروموسومات ، .وهى غالبا أنواع من جنس السبل ومنه جاءت مجموعة الكروموسومات د . والاعتقاد السائد أن هذه الأنواع الهجينية نشأت بعد الإنسان وما نشره من أسس الثورة الزراعية وفنونها ، وما تعرضت له تبعا لذلك ، أنواع القمح الهجين مع النجيليات البرية (شكل ١٠) .



(شكل ١٠)

تاريخ القمح الحديث . قمح الإينكورن الزراعى (ذو الحبة الواحدة) يحمل سبعة كروموسومات هى المجموعة ا ،تزاوج مع نبات نجيلى برى له سبعة كروموسومات هى المجموعة ب ، فنشأ عن ذلك القمح الإيرانى ذو الأربعة عشر كروموسوما . وتزأوج القمح الإيرانى مع نوع من السبل البرى فيه سبعة كروموسومات هى المجموعة د ، فنتج القمح ذو الواحد وعشرين كروموسوما (اب د) .

ومن هذه الأنواع، نوعان هما القمح الرومى والقمح الماخا يتميزان بالحراشيف اللاصقة فى الحبوب، مما يذكرنا بنوعى الإينكورن والإمرى وقد مضى زمن كان القمح الرومى فيه النوع الأساسى لزراعة القمح فى أواسط أوربا. أما قمح الماخا فتوجد منه عدة آلاف من الافدنة فى غربى جورجيا ولا توجد لهذه الأنواع آثار فى التاريخ القديم للشرق الأدنى أو آسيا.

وقد ثبت أن القمح الرومى هو هجين أمكن تخليقه، وأن السبعة كروموسومات الثالثة جاءت من نوع من أنواع السبل البرى. وقد توصل إلى إثبات ذلك عالمان من أمريكا وعالم من اليابان، وتوجت هذه الدراسات بتجارب أثبتت أن تزاوج القمح الرومى المخلق والقمح الرومى الطبيعى تزاوجا سليما ينتج عنه نباتات خصيبة. وتدل هذه الدراسات على أن نشأة الأنواع الأخرى من ذوات الواحد والعشرين كروموسوماترجع إلى التهجين بين بعض أنواع القمح وهذا السبل البرى أو أنواع أخرى قريبة جدا منه. ويجوز أن نستنتج أن القمح الرومى نشأ طبيعيا فى المناطق التى يوجد فيها قمح الإمرى البرى وهذا النوع من السبل. ولكن البحث عنه فى هذه المظان لم يجد شيئا. وقد يقال إنه نتج من تزاوج قمح الإمر الزراعى (ذى الحبتين) وهذا النوع من السبل البرى، ولكن فافيلوف تتبع هذا الأمر وظهر له أن القمح الرومى

نشأ فى منطقة جنوبى ألمانيا . وقد سبقت إلى ذلك عالمة ألمانية قائلة بأنه نشأ فى منطقة سويسرا وجنوب غربى ألمانيا . ولا تبعد المنطقتان كثيرا عن الحدود الشمالية الشرقية لمنطقة وجود قمح الإمر الزراعى مع السبل البرى . ولذلك فالقرائن التاريخية والنباتية تدلان على أن أصل القمح الرومى يرجع إلى أواسط أوربا .

أما الأنواع الثلاثة الأخرى ، من ذوات الواحد وعشرين كروموسوما ، فهى قمح الحنطة العادى (الهندى) ، وقمح الحبوب الكروية والقمح الصولجانى ويرجع إلى هذه الأنواع ٩٠ ٪ من محصول القمح فى العالم ، وهى أنواع متقاربة ، يتم بينها التزاوج فى غير صعوبة . وقد اختلفت فى أصلها الآراء ، فيقال إنها نتيجة تهجينات ثلاثة بين أنواع من القمح ذى الأربعة عشر كروموسوما ، وأنواع من النجيليات البرية. ويقال أيضا إنها تمثل ثلاثة اتجاهات سلالية من تهجينة واحدة . وليس من اليسير حاليا الجزم بواحد من القولين . وقمح الحبوب الكروية والقمح الصولجانى تتميز عن القمح الهندى بعدد من الصفات التفصيلية التى تتحكم فيها عدد قليل من الجينات ، ولذلك فيجوز أن تكون الأنواع الثلاثة قد نسلت عن هجين أصلى واحد . وقد تمكن أخيرا العالم اليابانى كيهارا من استنباط نوع من القمح إن لم يكن هو القمح الهندى فهو قريب الشبه به جدا . استنبط كيهارا صناعيا هذا القمح بأن زواج

جدول يبين أنواع القمح ، وتاريخها كما تدل عليه بقايا الحفائر
وعدد الكروموسومات ونوع مجموعاتها

نوع القمح	تاريخ	التوزيع الجغرافى
إينكورن	قبل الزراعة	غرب إيران . آسيا الصغرى . جنوب شرق أوربا
وحيد الحبة	٤٧٥٠ ق. م.	شرق القوقاز . آسيا الصغرى . وسط أوربا
ذو الحبتين برى	قبل الزراعة	غرب إيران آسيا الصغرى
ذو الحبتين	٤٠٠٠ ق. م.	الهند . وسط آسيا . آسيا الصغرى . أوربا
دكر	١٠٠ ق. م.	وسط آسيا. آسيا الصغرى. جنوب شرق أوربا. شمال أمريكا
إيرانى	غير معروف	داغستان . جورجيا . أرمينيا . شمال شرق تركيا
فينو	غير معروف	الحبشة . جنوب أوربا
بولندى	القرن السابع عشر	الحبشة . حوض البحر الأبيض المتوسط
جورجيا	القرن العشرون	غرب جورجيا
هندى	العصر الحجرى الحديث	العالم
كروى الحبة	٢٥٠٠ ق. م.	وسط وشمال غرب الهند
صولجانى	العصر الحجرى الحديث	جنوب غرب آسيا جنوب شرقى أوربا . شمال أمريكا
رومى	العصر البرونزى	وسط أوربا
ماخا	القرن العشرون	غرب جورجيا

أو غيرها ، وتوزيعها الجغرافى ، وصفات الحبة ، وصفات النبات ، والأسماء الانجليزية والعلمية للأنواع .

الحبة	النمو	الكروموسومات مجموعة	الكروموسومات عدد	الإنجليزى	الاسم العلمى
مغطاة	برى	ا	٧	wild einkorn	T. aegilopoides
مغطاة	زراعى	ب	٧	einkorn	T. monococcum
مغطاة	برى	اب	١٤	wild emmer	T. dicoccoides
مغطاة	زراعى	اب	١٤	emmer	T. dicoccum
عارية	زراعى	اب	١٤	macaroni	T. durum
عارية	زراعى	اب	١٤	persian	T. persicum
عارية	زراعى	اب	١٤	rivet	T. tutgidum
عارية	زراعى	اب	١٤	polish	T. polonicum
مغطاة	زراعى	اح	١٤	—	T. timopheevi
عارية		ابد	٢١	common	T. aestivum
عارية		ابد	٢١	shot	T. sphaerococcum
عارية		ابد	٢١	club	T. compactum
مغطاة		ابد	٢١	spelt	T. spelta
مغطاة		ابد	٢١	macha	T. macha

بين القمح الإيرانى ذى الأربعة عشر كروموسوما ، وذلك النوع من السبل البرى الذى سبق استعماله فى تخليق القمح الرومى . هذا النوع الصناعى لم يتم تضاعف عدد الكروموسومات فيه بعد ، ولكن صفاته النباتية هى صفات القمح الهندى .

أما أين وكيف نشأت هذه الأنواع ، فما تزال أسئلة يتردد حولها كثير من الحدس . ولما كان القمح الإيرانى معروفا فى منطقة محدودة من شمال شرق تركيا والمناطق الروسية المتاخمة لها ، فيبدو أن القمح الهندى نشأ فى هذا الموضع . أما قمح الحبوب الكروية فقد وجدت بعض حبوبه فى بعض الحفائر الهندية بمنطقة ماهينجو ـ دارو ويرجع تاريخها إلى ٢٥٠٠ ق . م كما أن بعض حبوب القمح الصولجانى وجدت فى حفائر العصر الحجرى الجديد فى هنغاريا . ووجدت أيضا انطباعات لحبوب قمح فى حفائر العصر الحجرى الجديد (حضارة الدولمين) التى يرجع تاريخها إلى ما بين ٣٠٠ و ٢٤٠٠ ق . م . ، ويبدو أنها للقمح الهندى أو القمح الصولجانى . وأقدم البقايا التى وجدت فى اليابان ، ويرجع تاريخها للقرن الثالث يقال إنها بقايا القمح الهندى . ولما كان من المعروف أن أنواع القمح ذات الأربعة عشر كروموسوما قد أدخلت حديثا إلى الصين ، فيبدو أن القمح الذى وصفته كتب الصين القديمة من عصر التشاو (حوالى ١٠٠٠ ق . م) من النوع الهندى .

ذى الواحد والعشرين كروموسوما . ومن هذة الدلائل والقرائن نستدل على أن أنواع القمح الحديثة نشأت قبل الميلاد (حوالى ٢٥٠٠ ق . م) ولكنها أحدث نشأة من نوعى الإينكورن والإمر .

ومهما يكن من أمر تاريخ نشأة هذه الأنواع ، وطبيعة نشأتها من ثلاثة هجن مختلفة ، أو ثلاثة اتجاهات لهجين واحد ، فإنها تزرع حاليا فى رقعة من الأرض تزداد سنة بعد أخرى . وهى تزرع فى مناطق من العالم تمتد من خط الاستواء إلى المناطق القطبية . ويمكن حساب سرعة ازدياد رقعتها على اعتبار أنها نشأت منذ ٥٠٠٠ سنة فى منطقة آسيا الصغرى ، وتزرع حاليا فى حوالى ٤٠٠ مليون فدان ، أى أن رقعتها الزراعية زادت بمعدل ٧٥٠٠٠ فدان فى السنة ، والواقع أن تطور هذه الأنواع وانتشارها أشبه ما يكون بالظاهرة العارمة ، وكان دور الإنسان هو إدراك فوائدها وفتح المجالات الزراعية لها .

ومن أهم مزايا القمح – غير إنتاجه الوفير ويسر دراسه وتعرى حبوبه أى انفصالها عن الخراشيف القنيبية – صفات المادة البروتينية فى دقيق الخبز وتسمى الجلوتين ، ودقيق الخبز يتميز عن دقيق كل الحبوب الأخرى بإمكان صناعة خبز مخمر زغبى القوام .

وقد نشأت كل أنواع القمح المزروع طبيعيا ، عدا الإينكورن

(وحيد الحبة) وربما الإمر (ذو الحبتين) . فلم يتدخل الإنسان في نشأتها غير أنه وسع مدى زراعتها في العالم ، ووسع بذلك إمكانيات تهجنها . ولا يوجد دليل على أن الإنسان القديم اهتم بانتقاء أصناف ممتازة من القمح يفضلها فى زراعته ، وإن كان قد فعل ذلك فلا يوجد دليل على أنه نجح في استنباط أصناف أفضل . والقمح الإينكورن الزراعي الذى ينمو حاليا فى بعض الحقول لا يختلف عن قمح الإينكورن الذى كان يزرع منذ آلاف السنين . وقمح الإينكورن البرى ما زال كما كان . ويمكن أن يقال مثل هذا عن قمح الإمر ، ولذلك فالكلام عن الإنسان القديم كصاحب خبرة وفن فى تربية النبات قول فيه مبالغة كثيرة ولم يقم عليه دليل مقبول .

خلال القرن الحديث ، وخصوصا بعد إعادة اكتشاف قوانين مندل الوراثية عام ١٩٠٠ بذلت جهود وبرامج عظيمة لتحسين أنواع القمح فى كل مناطق زراعته من العالم . وقد صادف هذه الجهود الكثير من التوفيق ، وتتابع ظهور الأصناف الجديدة . ونادرا ما توجد ولاية فى أمريكا تزرع حاليا أصناف القمح التى كانت تزرعها منذ خمسين سنة . وقد كانت الطريقة الشائعة لتربية الأصناف الممتازة ، هي طريقة « الخطوة النقية » والفكرة التى بنيت عليها هذه الطريقة ، هى أن النوع الواحد من النباتات يتضمن مجموعة مختلطه من « الخطوط

النقية ، تختلف فيما بينها فى بعض السمات ، وتتمثل فى كل منها وحدة وراثية . وعمليات الاختيار والانتقاء ليس لها تأثير بغير من صفات الخط النقى الواحد ، ولكن يمكن الفصل بين مجموعة مختلطة من الخطوط وانتقاء الأفضل وتربيته . والطريقة العملية ، هى اختيار سنابل من أحد أصناف القمح ، ثم تفصل حبوب كل سنبلة على حدة ، وتزرع هذه الحبوب فى صف واحد (صفوف التربية) . حتى إذا نضج المحصول جمعت حبوب الصف الواحد وأعيدت زراعتها فى العام التالى فى صف أطول ، وهكذا يزداد طول الصف سنة بعد أخرى ويزداد المحصول الناتج من حبوب أصلها من سنبلة واحدة ، أى خط نقى . ويمكن المقارنة بين نباتات الخطوط النقية من ناحية وفرة الإنتاج وغيرها من الصفات . والخطوط التى تظهر مميزاتها ينالها التوسع والعناية ، وتزرع فى حقول تجريبية يمكن بها المقارنة الدقيقة وانتقاء الخط الممتاز الذى يسمى باسم معين ، ثم يوزع للإنتاج على الفلاحين .

على أن طريقة الخطوط النقية لا تنشىء صفات وراثية جديدة ، بل تغربل مجموعة من الخطوط ليتبين أفضلها . أما إحداث صفات وراثية جديدة فوسيلته التهجين . ويختار للتهجين صنفان فى كل منهما صفة أو صفات يراد جمعها معا ، وعلى سبيل المثال ، يكون لصنف منهما ميزة فى صفات الطحين وصناعة الخبز . ويكون للصنف الثانى ميزة مقاومة بعض الأمراض . وللتهجين بينهما يعمد مربو النبات إلى خصى

زهور أحدهما بإزالة أسديتها التى تحمل حبوب اللقاح ، ويتم ذلك والأسدية تامة النمو ولكن قبل النضج وتستعمل فى هذه العملية ملاقط دقيقة . ثم تغطى الزهور التى أزيلت أسديتها بأكياس من مادة شبه زجاجية تمنع التلاقح غير المرغوب فيه . وبعد مضى بضعة أيام ، أى عندما يتم نضج أعضاء التأنيث وتصبح المياسم على استعداد لقبول حبوب اللقاح ، يتولى الإخصائى تلقيحها بحبوب مأخوذة من الصنف الثانى . ونتيجة لهذا اللقاح تخصب البويضات ، وتنتج البذور . فإذا استنبت نتج عنها نباتات الجيل الأول وهى على نمط واحد وشكل واحد حتى يصعب التمييز فيما بينها . ولكنها تنمو وينتج عنها حبوب إذا استنبت كان منها الجيل الثانى وهكذا جيلا بعد جيل . وفى هذه الأجيال المتتابعة تظهر الانفصالات الوراثية ، ويمكن التمييز بين مجموعات متبادلة من الصفات ، وتتيح الفرصة العريضة للانتقاء والاختيار. وهنا تتبدى موهبة مولد السلالات ومقدرته على اختيار السلالات التى تجمع الصفات المرجوة . ومع اطراد الانتقاء والاختيار وما يتبع ذلك من غربلة الخليط الوراثى ، يصل النبات إلى مرتبة الخط النقى .

وطريقة التهجين أصبحت أوسع انتشاراً من طريقة الخط النقى . فمولد سلالات القمح الحديث تترسم أمامه أهداف عديدة ، أهمها فى الغالب كمية الانتاج ، ولكن ذلك يعنى أموراً كثيرة منها مقاومة

الأمراض واحتمال الظروف البيئية غير المناسبة . وقد ابتكر مولدو القمح وسائل لاختبار صفات السلالات الجديدة بتعريضها للجفاف الصناعي والبرد والأمراض الوبائية .

ولتوليد أصناف من القمح لها القدرة على مقاومة الأمراض ، أهمية خاصة لأن القمح من نباتات الإخصاب الذاتي ، ولذلك فغالباً ما يبقى القمح على نمط وراثي واحد إلا في حالات التهجين الطبيعي أو الطفرات . وحقل القمح الذي يزرع بحبوب صنف واحد ، وخاصة لو كانت الحبوب من خط نقي ، يشتمل على ملايين النباتات ذات التركيب الوراثي الواحد . فلو كان الصنف غير مقاوم للمرض ، فإن الحقل جميعه يصبح مجالا خصيباً وفسيحاً لنمو الكائن المرضي وتكاثره . ولذلك فزراعة الأصناف المستحدثة في مساحات واسعة تتعرض لأخطار الأمراض التي لا قدرة لها على مقاومتها . والنتيجة أن الصراع دائر لا ينقطع بين مولدي أصناف القمح الجديدة ، وأنواع الفطريات المرضية . مثال ذلك محاولة استنباط أصناف لها القدرة على مقاومة أمراض صدأ الساق التي تسبب خسائر باهظة . وأنواع صدأ الساق عديدة ؛ فإذا استنبط مولد الأصناف صنفاً جديداً من القمح له القدرة على مقاومة الأنواع السائدة من أمراض الصدأ ، سرعان ما يوزع على المزارع وتزداد مساحته الزراعية تدريجاً . ولكن بينما يهجن الإنسان

أصناف القمح الجديدة ، إذا بالطبيعة تهجن أصناف الفطريات أيضاً .
ويتم طور من أطوار تكاثر فطريات الصدأ على نبات عود الريح ،
ولا تفتأ تظهر على هذا النبات سلالات جديدة من فطريات الصدأ .
وعلى الرغم من أن أغلب هذه السلالات الجديدة تموت دون أن تجد
مجالا للنمو والتكاثر ، وأن القليل منها يجد أصنافاً من القمح لا تقاوم
نموه ، سرعان ما تتكاثر هذه السلالة الفطرية حتى تصبح فى مدى سنوات
قليلة ، سلالة وبائية تسبب خسائر للمحصول . وتكون مهمة مولد القمح
أن يجوب الأرض بحثاً عن أصناف من القمح تقاوم هذا الفطر الجديد،
ثم يبدأ سلسلة الأعمال التى توصل إلى هجين جديد يصلح بديلا للصنف
الذى ذهب الفطر الجديد بمميزاته . وما زال التنافس بين الإنسان
والفطر على محصول القمح فى العالم ، مظهراً من مظاهر التسابق
البيولوجى الذى لا ينتهى .

وأصناف القمح الممتازة تجمع إلى وفرة المحصول ومقاومة
الأمراض صفات ممتازة لإنتاج الدقيق ونوعه . فى زمن الإنتاج الآلى
للمخابز الحديثة ذات الخلاطات السريعة ، يتعرض العجين للكثير من
المط والجذب مما لا يتعرض له العجين الذى تتناوله الأيدى المنزلية .
ولذلك فتتضمن الاختبارات التى تجرى على الأصناف الجديدة ، تجارب
على الطحن وعجن الدقيق بما يماثل المراحل الصناعية التى تمر فيها حبوب

القمح حتى تصبح خبزاً . وكثير من الأصناف التى تبدو ممتازة فى الحقل ، تسقطها هذه الاختبارات المعملية .

ورغم الصعوبات التى تكتنف أعمال المربين ، فما زال استنباط أصناف من القمح ذات غلة أوفر من أهم الوسائل لزيادة إنتاج الطعام ورفع مستوى المعيشة ، فعندما تم تجفيف مستنقعات بونتين فى إيطاليا، عكف علماء تربية القمح على العمل حتى استنبطوا أصنافاً جديدة من القمح تجود فى مثل هذه الأرض الجديدة . ومثل ذلك يقال عن مشروعات قرية أتاواه بالهند ، وهى مشروعات تضمنت زراعة أصناف محسنة من القمح ؛ ومشروعات تحسين القمح فى المكسيك لإنتاج أصناف تقاوم الصدأ . وقد أمكن بعمليات التزاوج بين القمح المكسيكى والأصناف التى تقاوم الصدأ من القمح الأمريكى والأسترالى والنيوزيلندى استنباط أصناف جديدة بلغت من القدرة على مقاومة الصدأ ما يتيح زراعتها فى صيف المكسيك المطير بالإضافة إلى زراعتها فى شتاء المكسيك الجاف وهو موسم الزراعة فيما قبل الأصناف الجديدة . وجميع الأصناف التى تزرع حالياً فى المكسيك ، هجن جديدة استنبطت بعد ١٩٤٣ .

ولا تقتصر عمليات التهجين على التزاوج بين الأصناف المختلفة للنوع الواحد من أنواع القمح ، بل أمكن التهجين بين بعض أنواع القمح .

وقد فتح أخيراً مجال جديد لاستنباط أنواع جديدة من الحبوب بتهجين الأنواع المختلفة والمضاعفة الصناعية لعدد الكروموسومات ، أى تقليد التطور الطبيعى الذى نتجت عنه أنواع القمح القديم . وقد نجح العلماء فى التهجين بين القمح والشيلم ، ونتج عن ذلك هجين خصب ذو صفات وراثية ثابتة يجمع بين كروموسومات النباتين . ولم يكن الهجين قمحاً ولا شيلماً ، ولكنه نبات أشد مقاومة للبرد من القمح ، ولكنه أقل قيمة كنبات منتج للدقيق ، ولذلك لم يصادفه النجاح .

وقد تمكن الروس ، بالتهجين بين القمح وأحد النجيليات المعمرة، من إنتاج نوع من القمح المعمر ، يقال إن له مميزات عظيمة ، وإن الحقل من القمح المعمر ينتج محصولا سنة بعد سنة دون الحاجة إلى مزيد من العناية أو العمل إلا عند جنى المحصول . على أنه يبدو أن لهذا القمح المعمر مميزات باعتباره كلأ للماشية ، لا باعتباره من محاصيل الحبوب . على أن فكرة استنباط أنواع جديدة من محاصيل الحبوب بالتهجين بين الأنواع المختلفة ، ومضاعفة الكروموسومات ما زالت تحمل إمكانيات عريضة لم تستغل بعد وسيأتى اليوم الذى تصبح فيه أنواع القمح المزروعة مما تم استنباطه بدلا من الأنواع الطبيعية التى تزرع حالياً .

الفصل الثانى

الذرة

الذرة أهم نبات فى أمريكا ، حتى يقال عنه إنه العمود الفقرى للزراعة الأمريكية . فهو محصول يزرع فى الولايات المتحدة الأمريكية جميعاً ، وجملة الأرض التى يزرع فيها تعادل ثلاثة أرباع الأراضى الزراعية . وهو أكثر النباتات الأمريكية كفاءة فى امتصاص الطاقة الشمسية وتحويلها إلى مواد غذائية . والواقع أن الأمريكيين يأكلون القليل من حبوب الذرة كما هى ، ولكنهم يأكلونها بعد أن تتحول إلى لحم ولبن وبيض وغيرها من المنتجات الحيوانية . حتى يقال بحق إن الذرة هو النبات الأساسى للغذاء فى الحضارة الأمريكية الحديثة .

ويمثل نبات الذرة أحد الأسرار الغامضة فى عالم النبات ، فقد أصبح من فرط استئناسه غير قادر على التكاثر بدون الرعاية الإنسانية . هو واحد من النجيليات ، ولكنه يتميز عنها جميعاً ــ سواء النجيليات البرية أو الزراعية ــ بشكل سنبلته . فهى نورة ذات تركيب خاص

تنتظم فيها أزهار عديدة تغلفها غمد متراكبة ، وإذا تم نضجها تحولت إلى كوز به عدة مئات من الحبوب العارية يحملها قائم متضخم (القولحة). أما النورة المذكرة ، السنبلة الذكرية ، فتكون على نفس النبات بعيدة عن النورة المؤنثة . وليس لكوز الذرة شبيه فى المملكة النباتية سواء فى النباتات البرية أو المحاصيل . وبناء الكوز يتلاءم مع الزراعة وعناية الإنسان ، وبدونها لا تصلح للتكاثر الطبيعى لأنها تفتقر إلى آلية انتشار البذور . فلو وقع كوز الذرة على أرض صالحة للزراعة ، نبتت عنه عشرات كثيرة من البادرات المزدحمة المتنافسة على الماء والغذاء المتاح ، فتنمو ضعيفة ولا تتاح لها فرصة النمو إلى مرحلة النضج والتكاثر .

على أية صورة كان الأصل البرى أو القديم لهذا النبات النجيلى الغنى بالمواد الغذائية ؟ أين ومتى وكيف تحول نبات برى له الجلد على الحياة الطبيعية إلى نبات زراعى يعتمد كل الاعتماد على الفلاحة الإنسانية ، حتى ليهلك لو حرم منها ؟ هذه أسئلة حيرت علماء النبات ، وعلماء التاريخ القديم لمدة قرن أو يزيد . والآن ، بعد دراسات وبحوث فى علوم النبات والوراثة والتاريخ ، بدأت تتضح المعالم للإجابة عن هذه الأسئلة . والسر الغامض لم يتم بعد اجتلاؤه ، ولكن شبكة القرائن بدأت تتكامل وأصبح الحل وشيكا .

ولا يوجد دليل على أن الذره عرفت فى أى جزء من أجزاء العالم القديم خلال الأزمنة الغابرة . فقد وجدت حبوب القمح والشعير وأنسجة الكتان والقنب فى حفريات الشرق الأدنى ، دون أن يعثر للذرة على أثر . كما أن البابليين والمصريين رسموا ووصفوا كثيراً من النباتات ولم يكن من بينها الذرة . كما لم يذكر هذا النبات فى الإنجيل ولو أن بعض التراجمات الإنجليزية تخلط بين الذرة والقمح باستعمال كلمة الحبوب . وقد تضمنت لغة الإغريق كلمة لكل شيء عرفوه ، دون أن يكون فيها كلمة للذرة . والكتب الكثيرة ، التى تضمنتها الحضارة الصينية القديمة والحضارة الهندية القديمة ، لا يوجد فيها ذكر للذرة . والواقع أنه لا يوجد أى دليل تاريخى أو لغوى أو فكرى أو تصويرى يدل على أن الذرة عرف فى أى جزء من أجزاء العالم القديم قبل سنة ١٤٩٢

وأول ذكر الذرة فى التاريخ كان فى الخامس من شهر نوفمبر عام ١٤٩٢ ، إذ كان كولمبس قد أوفد اثنين من الإسبان لاستكشاف الأجزاء الداخلية من كوبا ، وذكر أحدهما فى تقريره « يوجد نوع من الحبوب يسمونه الذرة له طعم حسن ، يحمص ويجفف ويصنع منه دقيق » . وقد وجد من أعقب من المستكشفين أن الهنود الأمريكيين يزرعون الذره فى كافة أجزاء أمريكا من كندا إلى شيلى ، وظهر أن الذرة موجود فى كل مكان من الدنيا الجديدة بينما لم يكن معروفا قط فى الدنيا

القديمة . وقد وجدت أصناف عديدة من الذرة . وأهم الأصناف الرئيسية التى توجد حالياً وهى الذرة النشاوى والصوانى والدقيق والحلو والفشار ، كانت موجودة فى أمريكا قبل اكتشافها .

وتجمع الدلائل جميعاً على أن الذرة نبات أمريكى الأصل ، ولذلك فقد تركز البحث عن أصوله البرية فى نصف الكرة الغربى . ويبدو أن للذرة تاريخاً قديماً فى أمريكا ، فكان الهنود من القبائل شبه البدوية التى عاشت على الصيد والقنص فى أمريكا الشمالية والجنوبية ، يستكملون طعامهم بالجمع بين الذرة ولحوم الصيد أو السمك . أما القبائل الأكثر تقدماً والتى عاشت فى حوض نهر المسسپى والمناطق الجبلية فى الجنوب الغربى فقد كانوا يزرعون الذرة ويأكلونه ، كذلك كانت تفعل قبائل المايا المتحضرة التى كانت تسكن أمريكا الوسطى ، وقبائل الأزتكس التى كانت تسكن المكسيك ، وقبائل الأنكاس التى كانت تسكن بيرو وبوليفيا . وقد أتاحت وفرة المحصول لهذه القبائل القديمة فسحة من وقت الفراغ عكفوا خلاله على صناعاتهم الجميلة وفخارهم الرائع ، وعلى تعبيد الطرق وبناء الأهرام وابتكار نظام للحساب والتقويم فاق فى دقته تقويم الدنيا القديمة المعاصر له ، والفضل فى ذلك يرجع للذرة .

إن الاعتماد التام على الذرة كطعام أساسى فى أمريكا القديمة ، فيما

قبل كولمبس ، وكثرة عدد أصنافه ، لتدل على تاريخ طويل لاستئناس هذا النبات . ولكن كم يبلغ عمر الذرة كمحصول ؟ من حسن الطالع أن الإجابة عن السؤال لم تعد تعتمد على الحدس والتخمين ، فقد أصبح فى الإمكان قياس عمر البقايا النباتية بتقدير كمية الكربون المشع فيها . والفكرة التى بنى عليها هذا القياس هى تقدير كمية الكربون المشع المتبقى فى البقايا النباتية ، ومن معرفة كمية الكربون المشع الذى امتصه النبات من الجو ، يمكن حساب كمية الكربون المشع الذى فقدته المادة النباتية . ومن هذا يمكن حساب الزمن أى عمر المادة النباتية . وبهذه الوسيلة أمكن تقدير عمر أقدم بقايا الذرة التى وجدت فى أمريكا الجنوبية بألف سنة قبل الميلاد ، وتقدير عمر أقدم البقايا التى وجدت فى أمريكا الشمالية بألفى سنة قبل الميلاد . وأكواز الذرة التى وجدت فى هذه الحفائر القديمة أكواز صغيرة ، وتختلف عن الأكواز الحديثة فى بعض الصفات دون أن يسبب ذلك صعوبة فى التعرف عليها . ومن ذلك نستنتج أن الذره كان منذ ٤٠٠٠ سنة فى طريق التطور إلى أن يكون محصول الحبوب الفذ الذى نعرفه فى أيامنا هذه .

وهناك سؤال آخر : فى أى جزء من أمريكا نشأ نبات الذرة ، ومن أى الأنواع النجيلية البرية ولدت هذه الأصناف العديدة من الذرة التى نعرفها حالياً ؟ تقول إحدى النظريات إن الذرة نشأ عن نبات

يسمى الريانة ، والريانة فى الواقع هو أقرب النباتات شبها بالذرة ، وله سنابل ذكرية منفصلة عن السنابل المؤنثة . وللريانة كوز فيه عدد لا يتجاوز الخمس أو الست حبوب تغلف كل منها قشرة قرنية تجعل حبوب الريانة غير صالحة كطعام . وهو مثل الذرة فى عدد الكروموسومات (١٠) مما يدل على القرابة بينهما . والتزاوج بينهما ميسور ، وهجنهما خصيبة فى أغلب الأحيان . فلو كان نبات الريانة هو أصل الذرة كما يفترض الكثيرون من علماء النبات ، لكان لنا أن نقول إن الذرة نشأ فى جواتيمالا أو المكسيك لأن الريانة يوجد بريا فى هاتين المنطقتين .

أما النظرية الثانية ، فتقول إن الذرة نشأت فى جنوب أمريكا من نبات قديم يسمى الذرة القرنى ، وهو نبات تم انقراضه ولا يوجد حالياً فى صورة نقية ، إنما يوجد كخليط فى الأصناف الحديثة ، ويمكن الحصول عليه بالتهجين بين بعض الأصناف المختلطة . ويوصف هذا الذرة فى الكتب القديمة ، بأن حبوبه مغلفة فى قرن أو قشرة حرشفية ، على نحو ما يشاهد فى الحبوب الأخرى ، ويبدو مؤكداً أن هذه صفة من صفات الذرة البرى .

فأى النظريتين أقرب إلى الصحة ؟ يعتمد علماء النبات ، عند النظر فى تحديد الموطن الأصلى للمحصول ، على أمرين : الأول هو

وجود أرقاب برية النبات ، والثانى هو وجود أصناف عديدة من المحصول . ومن المعروف أنه إذا تساوت العوامل البيئية الأخرى ، فإن المنطقة التى يوجد فيها أكبر عدد من الأصناف تطابق منطقة النشأة ، ذلك لأن التنوع فيها قد مضى عليه حين من الزمن أطول مما مضى على المناطق التى تقع بعيداً عن مركز النشأة . وفى حالة الذرة ، يشير الأمران إلى منطقتين مختلفتين . ففكرة الأقارب البرية تشير إلى المكسيك وجواتيمالا حيث يوجد الريانة وهو أقرب النجيليات البرية شبها بالذرة ، وفكرة تنوع الأصناف تشير إلى أمريكا الجنوبية حيث يوجد على سفوح الجبال الأنديز عدد من أصناف الذرة يفوق عدد الاصناف التى توجد فى أية منطقة أخرى من الأمريكتين .

وقد بدأ مؤلف هذا الفصل ، منذ حوالى عشرين سنة ، دراسات وراثية وخلوية على نبات الذرة بقصد تمحيص النظريتين المتضاربتين . فأجرى دراسات على تهجين الذرة بالريانة لمعرفة الجينات التى تميز بينهما ونهج توزيعها على الكروموسومات . كما أجرى دراسات على تهجين الذرة مع نبات الترپساك وهو من النجيليات البرية التى توجد فى أمريكا الشمالية والجنوبية ، والترپساك أقل شبها بالذرة من الريانة .

ودل تهجين الريانة والذرة ، على أن الاختلافات بينهما لا تقتصر على عدد قليل من الجينات كما كان متوقعاً ، بل تتضمن الاختلافات

عددا كبيرا من الجينات يتم توارثها فى مجموعات . أما هجن التربساك والذرة فأظهرت أن كروموسومات التربساك وعددها ١٨ تختلف أشد الاختلاف عن كروموسومات الذرة ، وأظهر الفحص الميكروسكوبى لخلايا التكاثر فى هذا الهجين القليل من الازدواج بين الكروموسومات مما يدل على بعد وشائج القربى . على أن الدراسة كشفت عن بعض التجارب بين الكروموسومات مما يتيح الفرصة لتبادل بعض الجينات . ومن أهم النتائج التى أظهرتها هذه الدراسات ، أن بعض نباتات الأجيال المتأخرة لهجن التربساك والذرة كانت قريبة الشبة جداً لنبات الريانة . وقد يدل ذلك على أن الريانة ليس أصل الذرة وإنما هو نتاجه أو نتاج هجين طبيعى بين الذرة والتربساك . ومنذ أن ظهرت هذه الفكرة عام ٩٣٧ ، تجمعت دراسات مستفيضة على الذرة والذرة القرنى ، والريانة ، والتربساك ، وهجنها . وتدل القرائن دون أن تقطع بالإثبات ، على أن الريانة نتج عن تهجين بين الذرة والتربساك ،وتدل على أن الريانة لا يمكن أن تكون أصل الذرة . وقد أيدت هذا الرأى الدراسات النباتيه المقارنة بين هذه الأنواع . فهناك اختلاف بين الذرة والريانة فى التواقت الضوئى؛فالأول من نباتات النهار الطويل والثانى من نباتات النهار القصير ، ويختلف النباتان فى عدد التفرعات الأرضية، وفى بعض صفات السنبلة . وترجع هذه الاختلافات

الثلاثة فقط ، إلى صفات فى ثمانية كروموسومات وعدد كبير من الجنيات . ومن العسير أن نقبل القول بأن هذه التغيرات الوراثية الجوهرية قد تمت خلال الأربعة الآلاف سنة التى مضت منذ نشأ الذرة المستأنس .

وبذلك بدأت الشكوك تتجمع حول نظرية الأصل الريانى وازداد القول للنظرية القائلة بنشأة الذرة من الذرة القرنى . وكلما استنبط هجين للذرة القرنى وعرض للتلقح الذاتى نشأ النتاج مخالفاً للذرة الحديث ، فيختفى الكوز وتتكون الحبوب على فروع السنابل المتفرعة ، وهى بعد محاطة بقنيبات وحراشيف مثلها فى ذلك مثل حبوب النجيليات الأخرى . والذرة القرنى النقى له القدرة على نثر حبوبه ، لأنها لا توجد على قولحة صلبة بل على فريعات هشة ، ولا شك أن لها القدرة على النمو الطبيعى والتكاثر حيثما سنحت الظروف المناسبة . والذرة القرنى يتميز بصفات النجيليات البرية ، وهو قريب الشبه ، فى صفاته النباتية من نبات التربساك البرى . وفى نبات الذرة القرنى كل الصفات التى ينتظر توفرها فى فى أصل الذرة . أضف إلى ذلك أنها ليست من أقرباء الذرة ، بل هى نوع من أنواع الذرة تختلف عنه بالقدر الذى تختلف به الأنواع البرية عن أقرانها الزراعية أضف إلى ذلك أن كل الخلافات الوراثية بين

الذرة القرنى والذرة العادى ترجع إلى جين واحد يقع على أحد الكروموسومات . أى أن طفرة واحدة كفيلة بتغيير هذا الجين وتحويل الذرة القرنى إلى الذرة العادى . وقد أمكن محاكاة ذلك فى البحوث المعملية

لا شك أن الذرة الذى بدأ به الإنسان زراعته ، يتضمن بعض الاختلافات إذا قورن بالذرة الذى نزرعه حالياً . فالحبوب كانت صغيرة وجامدة ومدببة . ومثل هذه الحبوب توجد حالياً فى صنف الفشار حتى ليمكن أن يقال إن الذرة القديم كان القرنى والفشار . وفى حفائر ماقبل التاريخ التى اكتشفت فى جنوب أمريكا ، توجد بقايا الذرة الفشار على نحو يظهر سيادته على الأصناف الأخرى . ووجد فى مقابر ما قبل التاريخ فى بيروفيا أدوات تفشير الذرة مع بقاياه والذرة المفشر طعام قديم . بل لعل الإنسان القديم اكتشف فائدة نبات الذرة عندما تعرضت بعض النباتات البرية لحرارة النار ، مما سبب انفجار الحبوب الصغيرة عن أغلفتها وتحولها إلى غذاء طرى لذيذ الطعم ومغذ .

ومن الطرائف التاريخية ماكتبه الحاكم الإسبانى لبراجواى منذ حوالى مائة سنة ، عن صنف من الذرة ينمو فى براجواى ، تكون حبوبه الصغيرة على فروع الشواشى . وعندما توضع هذه الشواشى فى

زيت ساخن تنفجر الحبوب وينتج عنها باقة رائعة «تليق بقبعات السيدات فى الحفلات الساهرة». وفى إحدى التجارب التى أجراها مؤلف هذا الفصل، أمكن استنباط نوع من الذرة يتمثل فيه وصف الحاكم الإسبانى، ذلك بتهجين الذرة القرنى مع الذرة الفشار ثم تلقيح الهجين ذاتياً لاستنباط أجيال متوالية نتج فيها نبات بدون كيزان، ويحمل على فروع شواشيه (السنابل المذكرة) حبوب صغيرة تغلفها قنيبات.

شجعت هذه النتائج على توجيه البحث عن الأصل البرى للذرة فى أمريكا الجنوبية، لأن البرهان القاطع على صحة نظرية الذرة القرنى، هو العثور على هذا النوع من الذرة فى حالة برية. ولم يثمر البحث بعد عن النتيجة المرجوة، ولكن عثر على أصناف جديدة من الذرة القرنى إذ تغلف حبوبها القنيبات تغليفا غير تام. وربما يعثر على الصنف البرى فى أحد البقاع البعيدة التى لم تتم دراستها بالدقة والشمول. وربما ظهر أن هذا الصنف البرى لم يعد له وجود، إذ من المقبول أن الذرة البرى كان نباتا ذا قدرة محدودة على التكاثر والبقاء، مما جعل لمدى توزيعه حدودا ضيقة. وربما بدأ الإنسان العناية به وهو موشك على الانقراض.

وقد تم خلال السنوات القليلة الماضية اكتشاف هام أضاف دليلا مباشرا يؤيد النظرية القائلة بأن الذرة القديم كان نوعى الذرة القرنى

والذرة الفشار . ذلك أن بعثة أوفدت خلال صيف ١٩٤٨ إلى منطقة كهف الخفافيش فى نيومكسيكو ، وهى منطقة مهجورة كانت مسكونة خلال الفترة بين ٢٠٠٠ ق . م . و ١٠٠٠ ق . م . كان هؤلاء السكان القدامى يلقون بالقمامة وغيرها من فضلات حياتهم فى الكهف ، حتى تجمعت خلال الأجيال المتعاقبة . وقد عثرت البعثة فى أكداس القمامة على ٧٦٦ عينة لكيزان ذرة فشار ، ١٢٥ حبة ذرة وبقايا عديدة للأغلفة القنابية والأوراق والشواشى . وقد كان لأكواز الذرة أهميـة خاصة لأنها تمثل مراحل تطورية : الأقدم كان فى أسفل طبقات القمامة وهى أصغرها . وتدل هذه الكيزان والحبوب التى جمعت من نفس طبقاتها ، على أن أقدم أهل منطقة كهف الخفافيش كانوا يزرعون نوعا من الذرة القديم يجمع بين صفات الذرة القرنى والذرة الفشار .

أجابت هذه الاكتشافات عن تساؤلنا عن العلاقة بين الذرة والريانة . فأقدم البقايا فى ذلك الكهف لاتظهر أى دليل على أن الريانة هو أصل الذرة . ولكن بقايا الطبقات الوسطى من أكداس القمامة ، دلت على ظهور صنف من الذرة مشوب بالريانة . ولذلك فيمكن أن يقال إن الريانة قد أثر ، فى إحدى مراحل تطور الذرة . إذ أضاف إلى جيناته الذرة بعض أسباب التقدم نحو الشكل الحديث ، دون أن يكون الأصل الذى نشأ عنه الذرة .

على أن بقايا كهف الخفافيش لم تجب عن تساؤلنا عن الموطن الذى نشأ فيه الذرة . وبعيد عن القبول أن نظن أن موطن النشأة كان فى المنطقة التى وجدت فيها بقايا كهف الخفافيش ، لأن الذرة نبات يحب الرطوبة ، وهذه المنطقة كانت وما تزال جافة . وربما استقدم الذرة إليها كمحصول من المكسيك ، أو أن يكون قد سبق ذلك استيراده من أمريكا الجنوبية . كل ذلك ما زال موضع التساؤل .

كيف تطور الذرة القرنى والفشار القديم ، الذى كان يزرعه أهل كهف الخفافيش منذ ٤٠٠٠ سنة ، فى هذه المدة الوجيزة بمقاييس التطور إلى الذرة الحديث ؟ يقول بعض العلماء إن الهنود الأمريكيين كانت لهم قدرة فائقة على تربية النبات ، والظن بأن هذا التغير الكبير ، فى نبات الذرة خلال هذه الفترة الوجيزة ، نتيجة لمهارة الإنسان يفترض مواهب خارقة لهذا الإنسان القديم . على أن بقايا الذرة التى وجدت فى كهف الخفافيش لا تؤيد هذا الرأى . والإنسان القديم كان يمارس نوعا من الانتقاء السالب ، إذ كان يتخير لطعامه أطيب السنابل ، ويترك العجاف للبذور . والمعقول هو أن التهجين الطبيعى بين الريانة والأصناف الأخرى من الذرة نتج عنه زيادة مطردة فى حجم الكوز وحجم الحبوب وغير ذلك من التغيرات .

ويدل التتابع التطورى فى بقايا كهف الخفافيش على أن هناك عوامل

أربعة تأثر بها تطور الذرة خلال هذه المدة ، وهى :

١ – تقليل ضغط الاختيار الطبيعى ، وهو عامل هام من عوامل تأخير التطور . ولو ترك الذرة تحت تأثير الاختيار الطبيعى ، بدون معاونة الإنسان ، لانتهى أمره من زمن بعيد .

٢ – الطفرات التى غيرت الصفات المميزة للذرة القرنى .

٣ – تغير الذرة بالاختلاط مع الريان .

٤ – التزاوج بين الأصناف والسلالات نتج عنه تجميع بعض الصفات ، كما نتج عنه قابلية فائقة للتهجين .

وقد عاونت هذه العوامل جميعاً على زيادة ضخمة فى التغير ، وكان نتيجة ذلك أن أصبح لدى الإنسان أصناف عديدة من الذرة ليتخير منها ما يشاء . وقد تخير الإنسان فعلا ، سواء بالمصادفة أو عن عمد ، الأصناف التى تجمع المميزات العديدة التى تجعل الذرة أكفأ محصول زراعى فى إعداد المواد الغذائية . وكوز الذرة الحديث يمثل تركيباً نباتياً عظيم الفائدة ، فالقولحة الضخمة تحمل الحبوب ، وبها جهاز ضخم من الأوعية التى تنقل الغذاء إلى الحبوب النامية . وللكوز مجموعة موحدة من الأغلفة القنابية ، بدل القنيبات التى كانت تحيط كل حبة على حدة ، وتقلصت القنيبات إلى بقايا ضامرة غير ذات أهمية . وقد جاءت عناصر القوة اللازمة لحمل هذه النورة المتضخمة من الريانة نتيجة التهجين . ذلك

لأن الريانة هو مصدر جينات القوة والصلابة ، حتى لتشبه العلاقة بين الريانة وكوز الذرة الحديث بالعلاقة بين الصلب وناطحات السحاب .
ولعل هناك نوعا من التشابه بين تصميم كوز الذرة وتصميم ناطحة السحاب ، وكلاهما ضخم قوى ذو كفاءة وقدرة ، ويمتاز بحسن التصميم للقيام بالأعباء المنوطة به ، وكلاهما جميل ورائع .

الفصل الثالث

الذرة الهجـــين

نجح الإنسان خلال الخمس والعشرين سنة الماضية فى أن يستنبط ، بوسائل صناعية ، الذرة الهجين . وربما أثبت المستقبل أن إنتاج الذرة الهجين هو أهم ما أضافته علوم البيولوجيا التطبيقية للثروة الإنسانية ، وأبعدها أثراً . فقد حقق الذرة الهجين ، مع ماصاحب زراعته من تحسين فى طرق الفلاحة ، ثورة زراعية فى الولايات المتحدة الأمريكية زادت من إنتاج الذرة مع زراعة مساحات من الأرض أقل ولقد كان لهذه الزياده فى الإنتاج الغذائى ، التى نتجت عن زراعة الذرة الهجين ، أثر عظيم فى المجهود الحربى خلال الحرب العالمية الثانية ، وفى الجهود التى بذلت لتعمير أوربا فيما بعد الحرب . وأتاح هذا النجاح للذرة الهجين الانتشار فى الأمريكتين وأوربا والاتحاد السوفيتى ، مما يبشر بنتائج عظيمة فى حل مشكلة الغذاء العالمى . فما هو الذرة الهجين ، وكيف تسنى له هذا الأثر البارز فى إنتاج الغذاء فى العالم ؟

يمكن أن يقال إن كل أصناف الذرة هجن . لأن الذرة واحد من

نباتات التلقيح الخلطى الذى لا ينقطع فيه التهجين بين الأفراد ، وبين الأصناف . وقد كان لهذا التهجين التلقائى أبلغ الأثر على تطور الذرة منذ أن تم استئناسه كمحصول زراعى على نحو ما شرحنا من قبل . ولكن الذرة الهجين الذى سنتناول أمره فى هذا الفصل ، تتمثل فيه استغلال واسع النطاق ، على نحو لا تتيحه الظروف الطبيعية ، لظاهرة التلقيح الخلطى ويسر التهجين .

والأساس البيولوجى للذرة الهجين ، هو ظاهرة وراثية تسمى « قوة الهجين » . ومضمون هذه الظاهرة أنه إذا هجنت الحيوانات أو النباتات كان نتاجها أقوى وأقدر على النمو من نتاج التلقيح الذاتى . وقد عرف الإنسان هذه الحقيقة منذ القدم عندما استنبط هجيناً عقيما - بأن زاوج بين الحصان والحمار - هو البغل وتتمثل فى هذا الحيوان قوة الهجين ، فهو أشد احتمالا من والديه ، وأطول عمراً من الحصان . وأكثر مقاومة للأمراض ، وأعظم كفاءة فى الإفادة من الغذاء . والذرة الهجين يشبه البغل فيما يمتاز به عن والديه من الصفات .

وفكرة تهجين الذرة قديمة قدم قبائل الهنود الأمريكيين ، فقد كان من شأنهم أن يزرعوا أصنافا مختلفة من الذرة فى الحقل الواحد مما يساعد على إنتاج الهجن ويزيد الغلة . على أن الدراسات الهامة عن موضوع قوة الهجين ، يرجع فضلها الأول إلى شارلس دارون :

فقد درس أثر التلقيح الذاتى والتلقيح الخلطى على عدد من النباتات ، كان منها الذرة . وكانت تجارب داروين هى أول ما تناول دراسة نتاج التلقيح الذاتى والتلقيح الخلطى ومقارنة نموها تحت ظروف تجريبية واحدة . وكان أول من لاحظ أن العبرة فى التهجين بين الأصناف المختلفة من النبات وليس فى عملية التلقيح الخلطى ذاتها ، فقد وجد أن التلقيح الخلطى بين الأزهار المختلفة على النبات الواحد ، أو الأزهار المختلفة لنباتات السلالة الواحدة ، لا ينتج عنها هجن قوية . واستنتج أن ظاهرة قوة الهجين تتمثل فى التزاوج بين تراكيب وراثية مختلفة . وقد فتحت هذه الدراسات — بالإضافة إلى نظريته عن التطور — آفاقا جديدة لدراسة الوراثة مما أفضى مؤخراً إلى تفهم المبادىء الأساسية لإنتاج الذرة الهجين .

وتابع هذه الدراسات كثير من العلماء الأمريكان ، كان من أولهم وليم بيل (جامعة متشجن) الذى أجرى عدة تجارب تستهدف تحسين الذرة باستغلال ظاهرة قوة الهجين تخير صنفى الذرة الصوانى والذرة النشاوى وكانا وقتئذ واسعى الانتشار ، وزرع الصنفين معا فى حقل واحد منعزل عن حقول الذره الأخرى ، فلما نمت السنابل الذكرية قطعها قبل النضج عن نباتات صنف واحد دون الآخر . وبهذه الطريقة تلقت الأزهار المؤنثة فى النباتات المخصية حبوب اللقاح من نباتات

الصنف الآخر ، ونتج عن ذلك حبوب هجين ، تنمو عنها نباتات هجين في الموسم التالي . وما تزال طريقة بيل هذه تستعمل إلى يومنا هذا في إنتاج تقاوى الذرة الهجين . ولكن بيل كان يهجن بين صنفين غير منتقين من الذرة ، تتمثل في كل منهما أخلاط وراثية فلم يكن لهذا التهجين أثر يذكر في زيادة الغلة أو أن الزيادة لم تكن تتناسب مع المجهود والوقت والعناية اللازمة لإتمام عملية التهجين على النحو الذي وصفناه .

وقد أظهرت الدراسات الأكاديمية النظرية ، التي قام بها علماء كثيرون في أمريكا وبريطانيا والدانمرك وغيرها ، ما خفي على بيل . والفكرة في هذه الدراسات أن التزاوج بين الوالدين قد ينتج عنه توريث متبادل أو توريث مختلط . أما المتبادل فهو أن يرث الأبناء صفة واحدة من الوالدين ، والمختلط هو أن يرث الأبناء خليطاً من صفات الوالدين معاً وهو ما يحدث في الإنسان . ويلاحظ في هذا الشأن أن أطفال والدين طويلين يكونون أقل طولا من والديهما ، وأطفال والدين قصيرين يكونون أطول من والديهما . يقال لهذه الظاهرة : « قانون التراجع » أي أن صفات الأولاد تتجه نحو المتوسط إذا كانت صفات الآباء زائدة أو ناقصة عن هذا المتوسط .

على أن هذا التراجع نادراً ما يصل إلى غاية مداه ، مما قد يدل على

إمكان التحكم فى الصفات الوراثية بالانتقاء المتوالى (من الأجيال المتتابعة) للصفات الخاصة . مثال ذلك محاولة استنباط نباتات فول بالغة الطول ، أو بالغة القصر بطريقة الانتقاء من الأجيال المتتابعة . ولكن التجارب أظهرت أن للانتقاء أثراً فى الجيل الأول دون الأجيال التالية ، وتعليل ذلك أن أبناء النبات الواحدة من نبات التلقيح الذاتى (مثل الفول) تتمثل فيها صفات الخط النقى ، أى أن للأفراد تركيباً وراثياً واحداً وأن الخلافات بينها ترجع لظروف البيئة . ويقال إن كل سلالة غير منتقاة ، مثل الفول العادى ، تتضمن خليطاً من خطوط نقية لكل منها صفات مميزة ، ويتمثل فى كل منها على حدة تركيب وراثى واحد . ويمكن لذلك العمل على فصل هذه الخطوط المختلطة فى السلالة غير المنتقاة . وقد وجدت هذه الفكرة مجالات التطبيق فى تحسين أصناف الحبوب وغيرها من نباتات التلقيح الذاتى . والكثير من سلالات القمح والشوفان والشعير والأرز وذرة العويجة والكتان التى تزرع حالياً هى خطوط نقية استنبطت من غربلة الأصناف المختلطة، وتخير السلالات النقية الممتازة وتربيتها وإكثارها .

اعتمد جورج شول ، فى دراساته التى بدأها عام ١٩٠٥ ، على هذه الآراء النظرية فى تربية الذرة ، وخلص إلى نتائج باهرة . بدأ دراساته بقصد تحليل مناهج وراثة الصفات ذات الطابع الكمى تخير صفة عدد

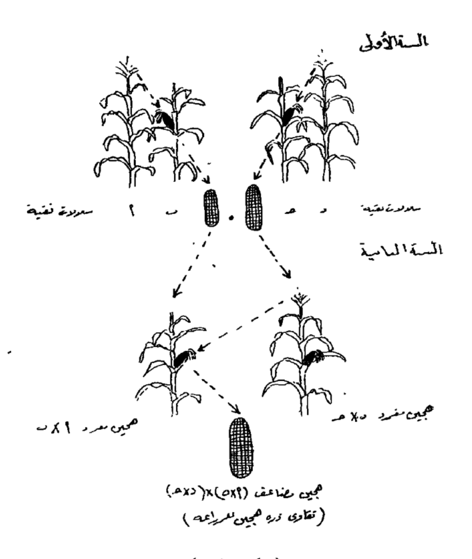
صفوف الحبوب فى كوز الذرة باعتبارها صفة وراثية ذات طابع كمى ، واستعمل طريقة التلقيح الذاتى لاستنباط عدد من الخطوط تتمثل فيها أعداد مختلفة من صفوف الحبوب . ونتيجة للتلقيح الذاتى المتتابع ظهرت على هـذه الخطوط النقية علامات التدهور فى قوة النبات وإنتاجيته ، ولكنها أصبحت موحدة الشكل والطابع ، ويعنى ذلك أنها خطوط نقية من الناحية الوراثية . وقد تابع شول دراسته بأن زاوج بين هذه الخطوط النقية بقصد دراسة توارث صفات عدد صفوف الحبوب ، وكانت النتيجة غريبة وعظيمة المغزى : كانت نباتات الهجين موحدة الطابع وتميزت عن والديها بالقوة والإنتاجية . ويدل ذلك على أن عمليات التلقيح الذاتى المتتابعة عزلت من الصنف المختلط الوحدات الوراثية المختلفة التى اشتمل عليها ، والتى ينتج من خلطها قوة الهجين التى قال بها دارون .

واتضح من هذه الدراسات أن لعمليات التلقيح الذاتى الذى يتبعه تزاوج خلطى إمكانيات جديدة فى تحسين إنتاجية الذرة . الخطوة الأولى هى عزل السلالات النقية ، والخطوة الثانية هى التهجين بين بعض هذه السلالات . ويستعمل الهجين الأول كبذور لإنتاج المحصول لأن قوة الهجين تكون فيه على أشدها .

ثم بقيت مرحلة استغلال هذه الطريقة الجديدة استغلالا عملياً وعلى

مدى واسع . وجاء ذلك على يد باحث آخر هو إدوارد م . إيست الذى بدأ عام ١٩٠٦ دراساته فى إحدى محطات الأبحاث الزراعية ، إذ وجهت أبحاثه الأنظار إلى أهمية إيجاد طريقة عملية لإنتاج بذور الذرة الهجين . وقد توصل إلى الحل أحد تلاميذه وهو دونالد جونز الذى تولى أمر هذه المحطة فى عام ١٩١٥ ، إذ رأى أن يعتمد فى إنتاج البذور على التزاوج المضاعف وهو تزاوج يجمع بين أربعة سلالات نقية ، ويختلف عن التزاوج المفرد الذى يجمع بين سلالتين . ونفترض على سبيل المثال أن سلالتين ا و ب تزاوجا ونتج عنهما هجين ا × ب ، وأن سلالتين حـ و د تزاوجا ونتج عنهما هجين حـ × د ، فإذا تزاوج الهجين الأول والهجين الثانى ، نتج عن ذلك التزاوج المضاعف هجين ا ب × حـ د - انظر الرسم (شكل ١١) .

من ذلك يمكن تلخيص قصة الذرة الهجين إلى مرحلة الدراسات النظرية عن قوة الهجين والتى وضع شول أسسها ، ومرحلة التحقيق العملى لهذه الآراء النظرية ووضع أسسها جونز . وقد حقق هذا التلاقى بين البحث النظرى والتجربة التطبيقية نصراً فى المجالات الطبيقية لم يستطع مقاومته أشد المزاعين محافظة وتمسكا بالقديم . وبدأت فيما بعد سنة ١٩١٧ برامج تربية الذرة الهجين فى بعض الولايات الأمريكية ، وما إن جاءت سنة ١٩٢٣ حتى تحقق إنتاج الذرة الهجين إنتاجاً تجارياً واسع



(شكل ١١)

إنتاج تقاوى الذرة الهجين . النباتات الأربع الأولى سلالات نقية يتم بينها التزاوج الخلطى فتنشأ هجن مفردة عند ما يتم التزاوج الخلطى بينها ، ينتج هجين مضاعف هو التقاوى التى تزرع فى الحقول .

النطاق ، وتولت وزارة الزراعة الأمريكية تجميع الإحصاءات والبيانات عنه . وفى عام ١٩٥٠ بلغت مساحة الأرض المزروعة بالذرة الهجين فى الولايات المتحدة ما يربو على ثلاثة أرباع الأرض الزراعية أى ما يساوى حوالى ٦٥ مليون فدان .

ويتم إنتاج الذرة الهجين حالياً بطريقة تتضمن ثلاث خطوات رئيسية . ويحسن بنا قبل أن نعرض لهذه الخطوات أن نشرح فى اختصار الطريقة التى ينتج بها الذره حبوبه ، فنبات الذرة يتميز عن نباتات محاصيل الحبوب الرئيسية بأن النبات الواحد يحمل نورات الأزهار المؤنثة منفصلة عن نورات الأزهار المذكرة . الأولى وهى الكوز تحمل عدة مئات من الأزهار المؤنثة تغلفها جميعاً أغلفة قنابية ، ولكل زهرة خيط حريرى هو الميسم الذى يستقبل حبوب اللقاح . أما الثانية ، وهى الشوشة العليا ، فتحمل أكثر من ألف زهرة ذكرية ، لكل منها ثلاثة أسدية تحمل المتك أو أكياس حبوب اللقاح ، وفى كل كيس حوالى ٢٥٠٠ حبة لقاح . أى أن كل نبات ناضج يحمل نورة مذكرة وينتج عدة ملايين من حبوب اللقاح فى غضون موسم الإزهار ، وهى حبوب صغيرة الحجم خفيفة الوزن ، سهل على الريح حملها ، ولذلك فنادراً ما تقع حبوب اللقاح على مياسم الأزهار المؤنثة التى يحملها النبات نفسه ، بل يحملها الريح إلى نباتات أخرى أى أن التلقيح الخلطى

هو النظام السائد فى الظروف الطبيعية ولذلك فتجارب التلقيح الذاتى تستلزم احتياطات خاصة باستعمال أكياس خاصة من مواد شبه زجاجية أو نحوها من الأغشية . تغطى الكيزان قبل ظهور خيوطها الميسمية بهذه الأكياس الخاصة ، وبعد أيام قليلة تغطى النورات الذكرية بمثل هذه الأكياس ليتجمع فيها حبوب اللقاح ، وتكفى حبوب اللقاح التى تتجمع من نورة واحدة لتلقيح عدة مئات من الكيزان يحمل كل كوز عدة مئات من حبوب الذرة .

وتتضمن المرحلة الأولى من مراحل إنتاج الذرة الهجين عزل السلالات النقية ، وطريقة ذلك (كما أظهرت دراسات شول وإيست التى أشرنا إليها) هى التلقيح الذاتى . وتتم حالياً مئات الألوف من عمليات التلقيح الذاتى فى الذرة كل عام ، تستعمل فيها عدة أطنان من الأكياس الورقية الخاصة بهذه العملية حتى راجت صناعة هذه الأكياس . والتلقيح الذاتى يتبعه تزاوج ذاتى أى أن يصبح النبات الواحد هو الأب والابن لبنيه . والواقع أن بعض أنواع الحبوب ، كالقمح والأرز والشعير والشوفان ، يتم فيها التلقيح الذاتى طبيعياً دون أن يكون له أثر سيء على حياة الأجيال المتوالية . ولكن الذرة، وهو واحد من نباتات التلقيح الخلطى ، يتأثر أوضح التأثر بالتلقيح الذاتى . وأول ما يلاحظ على الأجيال المبكرة التى ينتجها هذا التلقيح ، ظهور كثير من الشذوذ

الوراثى كالحبوب المشوهة ، والنباتات القزمة ، والنباتات البيضاء أو المخططة باللونين الأبيض والأخضر ، وغير ذلك من علامات النقص فى مادة الكلوروفيل . وقد كان المظنون فى أول الأمر أن هذه النباتات الشاذة نتجت عن الطريقة غير الطبيعية للتزاوج . ولكن الرأى المقبول حالياً هو أن التلقيح الذاتى يتيح الفرصة لظهور بعض الصفات السيئة الموجودة فعلا ، ولو أنها مختفية لأنها صفات متنحية . والتلقيح الذاتى يتيح للمربى أن يكشف عن هذه المثالب المخفية ويعزلها ثم يتخلص منها نهائياً .

ويتابع المربى عمليات التزاوج الذاتى جيلا بعد جيل ، حتى تتم خمسة أجيال أو ستة ، تصل بها السلالات إلى درجة واضحة من الانتظام ؛ فنباتات السلالة الواحدة متشابهة فى التركيب الوراثى ، وينطبع هذا على تشابهها التام فى الصفات المحسوسة كافة سواء من الناحية الشكلية أو الناحية الفسيولوجية . ولكن السلالات النقية جميعاً أقل إنتاجا من الصنف المختلط الذى بدأت به هذه المرحلة حتى إن محصول أفضلها قد لا يصل إلى نصف محصول الصنف العادى . ولكن قيمتها الكبرى فى إمكان استغلالها كآباء لإنتاج الهجن المطلوبة .

وتتيح هذه المرحلة — التى يمكن تسميتها مرحلة التزاوج الذاتى والاختيار — لمربى الذرة درجة عظيمة من التحكم فى وراثة الذرة .

ولم تعد أهداف المربين مقصورة على زيادة الإنتاج ، إنما تستهدف صفات أخرى مثل صلابة الساق حتى يبقى قائما خلال الخريف مما ييسر الحصاد الآلى . وبعض المربين يستنبطون أصنافا من الذرة الهجين تحمل كوزين أو ثلاثة من الكيزان الصغيرة ، بدلا من الكوز الواحد الكبير مما يناسب الآلات الزراعية . كما أن مقاومة الجفاف من الصفات التى يسعى إليها المربون وخاصة بعد موجة الجفاف التى عمت أمريكا فى الثلاثينيات من هذا القرن ومثل ذلك يقال عن مقاومة الأمراض المختلفة التى بلغ النجاح فيها درجة إنتاج هجن من الذرة تقاوم الحشرات والآفات ، كبق الذرة وديدان الجذور وديدان الكيزان وسوس الكيزان والجفاف وثاقبات الحبوب وحشرات المن وغيرها .

ونعود إلى مراحل إنتاج الذرة الهجين قلنا إن المرحلة الأولى هى إنتاج السلالات النقية بطريقة التزاوج الذاتى . المرحلة الثانية هى اختيار السلالات وقدرتها على التزاوج المختلط أى التهاجن . والطريقة المعتادة هى اختيار أولى للتزاوج بين مجموعة السلالات النقية مع صنف واحد من أصناف التلقيح الخلطى . وبهذا الاختيار الأول يتمكن المربى من استبعاد بعض السلالات الضعيفة . أما السلالات التى تبدو مميزاتها فيجرى عليها الاختيار الثانى ، وهو اختيار التزاوج المفرد والتزاوج

المضاعف وفى العادة يجتاز هذه الاختيارات واحد أو اثنان من كل مائة سلالة نقية تبدأ بها الاختبارات .

أما المرحلة الثالثة ، فهى تزويج السلالات النقية المختارة لإنتاج هجن تصلح للاستغلال الاقتصادى ، ويتم إنتاجها بالتزاوج المفرد أو المضاعف. ففى إنتاج أصناف الذرة السكرية التى تصلح للتعليب يراعى أن حجم الكيزان وشكلها أهم فى الاعتبار من نفقات إنتاج التقاوى . ولذلك يكون إنتاجها بالتزاوج المفرد . أما أصناف الذرة الأخرى فإن نفقات إنتاج التقاوى تؤخذ فى الاعتبار ، ولذلك تستعمل طريقة التزاوج المضاعف . ويقدر أن قطعة معينة من الأرض مع قدر معين من المجهود العملى تنتج من ذرة التزاوج المضاعف ضعفين أو ثلاثة أضعاف ماتنتجه من ذرة التزاوج المفرد .

ولما كان الملاحظ أن نباتات الجيل الثانى لأى هجين تفقد الكثير من الصفات التى يتميز بها الجيل الأول ، فإن زراعة التقاوى المهجنة تقتصر على الجيل الأول . أى أن على المزارع أن يشترى تقاوى جديدة لكل موسم زراعى جديد ، حتى أصبح إنتاج تقاوى الذرة الهجين من المناشط المتخصصة الضخمة التى يمكن أن تقارن بصناعة الأدوية . ويوجد فى السوق حاليا مئات من أصناف الذرة الهجين لكل منها ميزة خاصة وتلائم كل منها الأنواع المختلفة من الأرض ومن المناخ . وأصناف

الذرة الهجين ، مثل أصناف اللقاحات والأمصال ، لا يمكن تمييزها بالشكل الظاهرى . ذلك لأنها تختلف فى التركيب الوراثى الذى يميز هجينا عن الآخر مما يظهر أثره فى نمو النبات وإنتاجه .

على أن التوسع فى الاعتماد على الذرة الهجين فى الولايات المتحدة حتى كاد يصبح شاملا ، وما يتوقع من الاعتماد على زراعته فى مناطق أخرى من العالم ، لا يخلو من بعض المخاطر . وأهمها أن زراعة أصناف التلقيح المفتوح أصبحت فى اضمحلال حتى كادت تنقرض ، وهى الأصل الذى استنبطت منه السلالات النقية التى دخلت فى تكوين الهجن الجديدة . والحرمان من هذه المنابع الطبيعية الأصلية قد يؤدى إلى الحد من إمكان تحسين أنواع الهجن التى تم استنباطها ، وإلى استحالة استنباط هجن جديدة تقاوم الأمراض الجديدة أو الآفات الحشرية التى يتفشى خطرها فجأة بل قد تفقد الهجن قدرتها على الملاءمة لتغيرات المناخ . أما أصناف التلقيح المفتوح التى يتم فيها التلقيح الخلطى ، فلها القدرة على المحافظة على المرونة الوراثية والقدرة كذلك على البقاء رغم ما قد تتعرض له الظروف البيئية من التغيرات . أما الصنف الواحد من الذره الهجين فيتمثل فيه جزء مختار من المجموع الوارثى ، ولذلك فليس له القدرات التى تتميز بها أصناف التلقيح المفتوح .

تنبهت وزارة الزراعة الأمريكية لهذا الخطر ، واتخذت لدرئه

الأهمية بالمحافظة على أصناف الذرة ذات التلقيح المفتوح . ومثل ذلك فى الأهمية المحافظة على الأصناف المحلية بالولايات المتحدة وغيرها من دول أمريكا اللاتينية ، فكثير من الأصناف الأمريكية يرجع أصلها إلى المكسيك ، وأصناف المكسيك ترجع صلاتها القديمة بأمريكا الوسطى والجنوبية . وهذه الأصناف قد تصبح فى وقت ما ذات أهمية قصوى كمورد لبعض الصفات التى تلزم لتحسين أنواع الذرة ، أو ربما لإنقاذها .

ولنتساءل الآن : ما هو مستقبل الذرة الهجين ؟ تتوقف إجابة هذا السؤال على اهتمامنا بالأبحاث الأساسية فى علم وراثة الذرة . ومما يؤسف له أن التقدم العلمى فى هذه الميادين لم يواكب تقدم الاستغلال الاقتصادى ، حتى ليقال إن التطبيق العملى يستنزف الرصيد العملى دون أن يتخذ الخطوات اللازمة للإضافة إلى هذا الرصيد . . وما زالت أمامنا غوامض علمية تحتاج إلى إيضاح ، منها التعرف على الأساس الوراثى لظاهرة قوه الهجين وهو موضوع له طابع أكاديمى وله أيضا أهمية تطبيقية فى مجالات تربية الذرة .

الواقع أن المجال ما يزال فسيحا للإفادة من معارفنا الحالية . وقد بدأت الأنظار تتجه إلى استنباط سلالات من الذرة ذات صفات خاصة تصلح لأغراض خاصة . منها استنباط أصناف من الذرة الأبيض ، أى

الذى لا يحوى الكاروتين ، ويستعمل هذا الصنف الخاص فى صناعة جريش الذرة ،واستنباط أصناف من الذرة الشمعى تحوى حبوبها كميات من مادة الأميلوبكتين (من السكريات) التى تصلح لأغراض صناعية عديدة منها صناعية دقيق الطبيوقة، واستنباط أصناف غنية فى المادة البروتينية لتصلح علفا لماشية ، وأصناف غنية بفيتامين ب الذى يفتقر إليه الذرة العادى .

ويبشر المستقبل أيضا بتحسين وسائل إنتاج الأصناف الجديدة . وتجرى الآن تجربة طريقتين لاستنباط السلالات النقية دون الحاجة إلى الأجيال المتعاقبة من التلقيح الذاتى . وتعتمد الطريقة الأولى على الإفادة من النباتات أحادية الكروموسومات : وهى نباتات توجد طبيعيا وتكون فى الغالب ضعيفة عقيمة وليس لها قيمة ذاتية . ولكن إذا ضوعفت عدد الكروموسومات فيها بمعالجتها ببعض المواد الكيميائية مثل مادة اللحلاح،أو أن يحدث هذا التضاعف الكروموسومى تلقائيا ، نشأت أفراد ثنائية الكروموسومات تتميز بالنقاء الوراثى . بل هى أنقى من السلالات النقية التى تولد بالتزاوج الذاتى المتتابع .

والطريقة الثانية تعتمد على معاملة الحبوب بأشعة إكس التى قد تسبب تمزق الكروموسومات ، وينتج عن ذلك استحالة الازدواج الكرموسومى بينها وبين الكروموسومات الطبيعية إذا تم التهجين بينهما . ومثل هذه الهجن إذا نمت ، وتكاثرت بالتلقيح الذاتى ، نتج عنها

ثلاثة أنواع من النبات ، يشتمل أحدها على كروموسومات طبيعية فقط ، ويتمثل فيه سلالة نقية تشبه نتاج التزاوج الذاتى المتعاقب .

ومن التطورات المتوقعة فى مجالات إنتاج الذرة الهجين ، تبسيط عمليات التطويش أى تقطيع السنابل الذكرية ، وهى عملية تقتضى الكثير من الجهد والنفقة . فيلزم أن تجند مؤسسات إنتاج التقاوى الهجين كل صيف آلاف العمال المؤقتين (بلغ عددهم ١٢٥٠٠٠ فى الولايات المتحدة) أغلبهم من طلبة المعاهد العليا . وتمرينهم على هذا العمل قبل أن يقوموا به . وقد بذلت جهود متعددة دون جدوى لمحاولة تبسيط هذه العملية . على أن الأمل معقود على طريقة جديدة تعتمد على شكل من أشكال العقم الذكرى فى الذرة يمنع السنابل الذكرية من التفتح ونثر حبوب اللقاح . وقد ظهر أن توارث هذه الصفة لا يتم عن طريق الجينات الكروموسومية إنما عن طريق مادة الخلية الحية (السيتوبلازم) . ولقد ثبت أن من الممكن إدخال هذه الصفة فى السلالات بواسطة التزاوج . وبذلك يمكن الاستغناء بها عن عمليات التطويش . فإذا هجنت أى سلالة ذات سنابل ذكرية عقيمة مع سلالة غير عقيمة ، كان للهجين المفرد الناتج سنابل ذكرية عقيمة . ويمكن الإفادة من هذا الهجين فى تربية هجن التزاوج المضاعف وهى أيضا عقيمة السنابل الذكرية ، ولكن نوراتها المؤنثة يمكن أن تتلقى حبوب

اللقاح من أصناف أوهجن أخرى تزرع معها فى نفس الحقل . وفى هذا كله استغلال للصفات الوراثية للسيتوبلازم لاستنباط العقم فى الحالات التى يصبح العقم فيها ميزة . وقد بدأ الإنتاج التجارى للتقاوى الهجين بالاعتماد على هذه الطريقة منذ ١٩٥١ .

ويتمثل فى موضوع الذرة الهجين إمكان التعاون بين النظرية والتطبيق. فالهدف هو العمل على تحسين الذرة ، ولكن إنتاج الذرة الهجين اعتمد أساسا على الدراسات والبحوث النظرية والأكاديمية التى تستهدف أصلا الإضافة العلمية إلى معارفنا فى علوم الوراثة . ومثل هذا التقدم يزدهر أكثر ما يزدهر فى المجتمعات الحرة التى يكون فيها البحث عن الحقيقة لذاتها دون المبالغة بالاهتمام بأوجه المنافع المباشرة . وفى حالة الذرة الهجين نجد أن المربى يرجع بأصنافه القهقرى قبل أن يعود إلى التقدم . فالخطوة الأولى كما بينا هى التزاوج الذاتى الذى يفضى إلى تخفيض واضح فى المحصول . ولعل الأهمية العظمى لموضوع الذرة الهجين أنه يمثل ما يمكن أن تحققه علوم الوراثة التطبيقية فى زيادة إنتاج الطعام فى العالم ، إذ حقق الذرة الهجين فى هذا الصدد أمورا عظيمة نذكر منها مثالين .

المثال الأول : أنتجت المزارع الأمريكية خلال الأعوام الثلاثة ١٩٤٢ — ١٩٤٤ ، رغم نقص الأيدى العاملة والظروف المناخية غير الملائمة ، ما يعادل ٩٠ ٪ من مجموع الذرة الذى أنتجته هذه المزارع

خلال الأعوام الأربعة السابقة ، وكانت أعوام سلم وكان الإنتاج فيها فوق المعتاد . أى أن الاعتماد على الذرة الهجين رفع الانتاج بمعدل ٢٠٪ ولذلك لم تتعرض الولايات المتحدة لنقص فى الاحتياجات الغذائية فى الداخل ، واستطاعت أن تزود حلفاءها بكميات كبيرة من الطعام ، وأن تجد لديها بعد ذلك الفائض الذى تحتاجه بعض الصناعات مثل صناعة الكحول والمطاط الصناعى والمتفجرات وغيرها من المواد الحربية

المثال الثانى : كان لفائض الإنتاج الغذائى فى أمريكا أثر عظيم فى إغاثة أوربا بعدما وضعت الحرب العالمية الثانية أوزارها . ففى غضون عام ١٩٤٧ بعثت الولايات المتحدة إلى أوربا ١٨ مليون طن من الأغدية وهو ما يعادل ٧٢٠ مليون بوشل من الذرة . وقد بلغت الزيادة فى إنتاج الذرة خلال ذلك العام فى الولايات المتحدة ، حوالى ٨٠٠ مليون بوشل ذلك بفضل استعمال التقاوى الهجين . أى أن الزيادة فى إنتاج محصول واحد كانت تساوى النقص الغذائى الذى تحتاجه أوربا وتزيد .

وقد كان لإدخال الذرة الهجين آثار كثيرة على الزراعة والاقتصاد الزراعى . فالمزارعون الذين خبروا فائدة الذرة الهجين ، بدأوا يتطلعون إلى محطات التجارب والبحوث مترقبين غيره من المبتكرات . أضف إلى ذلك أن ارتفاع أسعار التقاوى الهجين حتمت الاهتمام الفائق بزيادة الغلة وتبع ذلك التوسع فى استعمال الأسمدة ، والدورات الزراعية

المناسبة ، وزراعة المحاصيل التى تحسن الأرض كالبقوليات التى تزيد من مركبات النتروجين فى التربة . وكانت نتيجة ذلك كله أن الزيادة فى الإنتاج فى المزارع والحقول بلغت ٥٠ ٪ أى أنها فاقت الزيادة التى حققتها محطات التجارب والبحوث والتى تراوحت بين ٢٠ و ٣٠ ٪ كان متوسط إنتاج الفدان فى الولايات المتحدة فى الثلاثينيات حوالى ٢٢ بوشل ، فأصبح بفضل الذرة الهجين فى الأربعينات حوالى ٣٢ بوشل ويصل الإنتاج فى بعض المناطق ذات الظروف المناسبة ١٠٠ بوشل ، وتقول بعض التقارير إن الإنتاج فى بعض الحقول زاد على ٢٠٠ بوشل للفدان الواحد . وترجع هذه الزياده إلى استعمال التقاوى الهجين وإلى تحسين طرق الفلاحة والعناية بالأرض .

وقد كان النجاح الذى حالف الذرة الهجين فى أمريكا حافزاً على إدخاله إلى غيرها من البلاد . وكانت إيطاليا من أوائل البلاد التى أدخلت الذرة الهجين ، فاستوردت فى عام ١٩٥٠ التقاوى ما يكفى لزراعة مليون فدان . كما انتشرت زراعته فى دول أمريكا اللاتينية ، نذكر منها على سبيل المثال المكسيك التى بدأت فى إدخال الذرة الهجين فى عام ١٩٤٣ ، وبعد خمسة أعوام أى فى عام ١٩٤٨ ، بلغ إنتاج الذرة فى المكسيك ما يكفى احتياجاتها ، وكان ذلك لأول مرة فى تاريخ المكسيك منذ بدأت ثورتها فى عام ١٩١١ . وللذرة أهمية خاصة فى المكسيك ،

فهو الطعام الأساسى الملايين من السكان .

والذى تحقق فى الذرة الهجين يمكن أن يتحقق فى غيره من المحاصيل التى يمكن أن تتم فيها عملية التهجين على نطاق واسع . ومنها على سبيل المثال نذكر العائلة القرعية ، مثلها كمثل الذرة يحمل النبات الواحد الأزهار المؤنثة منفصلة عن الأزهار الذكرية . ولذلك يسهل فيها التلقيح الذاتى لاستنباط سلالات نقية . كما يسهل خصيها لإباحة الفرصة للتلقيح الخلطى لاستنباط الهجن . وقد تم فعلا توليد أصناف مهجنة من الخيار والقرع العسلى والبطيخ وتتميز الهجن بالقوة ووفرة الإنتاج ووحدة الشكل .

أما النباتات التى تحوى أزهارها الأعضاء المذكرة والأعضاء معا فتهجينها الجماعى صعب . وفى بعضها مثل الطماطم ذات الأزهار الكبيرة نسبيا والتى تحوى ثمارها عدداً وفيراً من البذور ، يمكن إنتاج الهجين بالتلقيح اليدوى . أما النباتات ذات الأزهار الصغيرة كالبصل والبنجر ، فيصعب إنتاج هجنها على نطاق اقتصادى بالاعتماد على عمليات الخصى والتلقيح اليدوى . ولكن أمكن استنباط سلالات ذات عقم ذكرى كالذى أشرنا إليه فى الذرة . ولما كان البصل والبنجر محاصيل يعتمد إنتاجها على النمو الخضرى ، فلا خطر من استنباط تقاوى هجن

عقيمة ، وما تزال دراسات التهجين تتناول البرسيم الحجازى ، والشعير والبرسيم والشيلم والذرة العويجة .

ولقد اتسعت دائرة التهجين فشملت الحيوانات المستأنسة ، حتى أصبح لإنتاج الكتاكيت الهجين المرتبة الثانية بعد إنتاج تقاوى الذرة الهجين . كذلك بدأت تجارب لإنتاج هجن الخنازير والأغنام والماشية . والتهجين فى حيوانات الحقل ميسور لأن الأجناس منفصلة ولا بد من التزاوج الخلطى ، ولكن استنباط السلالات النقية فى مجال الحيوانات عسير ، والاعتماد فيه على التزاوج بين الأشقاء ، وأثر ذلك يعادل ثلث أثر التلقيح الذاتى فى النبات . ولما كان أفراد الحيوان أغلى ثمناً من أفراد النبات ، فإن تناولها بهذه التجارب يتضمن مصاعب ونفقات جمة . على أن النتائج مشجعة ، والدجاج الهجين أسرع نموا وأكثر بيضا ، والخنازير الهجين أقل طعاما وأكثر إنتاجا ، والماشية الهجين أكثر إدراراً للبن . أى أن مربى الحيوان قد وجد ، مثلما وجد زميله مربى النبات ، أن ظاهرة قوة الهجين من العمد الهامة لرفع مستوى الكفاءة الفسيولوجية للكائن الحى . وسيأتى يوم ليس ببعيد ، تصبح فيه أغلب النباتات التى تنمو فى الحقول والحيوانات المستأنسة والحقلية ، من الأصناف الهجين . وقد مهد الذرة الهجين السبيل لذلك

معجم أسماء النباتات

Yucca, *Yucca sp.*	إبرة آدم
Kohlrabi, *Brassica oleracea*	أبو ركبة (نوع من القرنبيط)
Columbine, *Aquilegia sp*	أخيليا
Primula Prolifera	آذان الدب
Jewelweed, *Phlomis sp.*	أذينه
Orchid, *Orchis sp.*	أراشيد
Rice, *Oryza sativa*	أرز
Black arum, *Arum sp.*	أرم أسود
Blue berries, *Vaccinium sp.*	آس برى
Spinach, *Spinacia oleracea*	إسفناخ
Rock maple, *Acer saccharinum*	أسفندان
Rush, *Juncus sp.*	أسل
Foxglove, *Digitalis purpurea*	أصبع العذراء
China aster, *Callistephus chinensis*	أصطر صينى

Desert sunflowers, *Helianthus petiolaris*	أقاحى الصحراء
Guayule, *Parthenium argentatum*	أقحوان المطاط
Pineapple, *Anans sativus*	أناناس
Brittle-bush, *Encelia farinosa*	أنسيليا
Snapdragon, *Antirrhinum majus*	أنف العجل

* * *

Hibiscus esculentus	بامية
Papaya, *Carica papaya*	بباز
Petunia, *Petunia hybrida*	بتونيا
Red clover, *Trifolium pratense*	برسيم أحمر
Alfalfa, *Medicago sativa*	برسيم حجازى
Peucephyllum sp.	بيسفلم
Pea, *Pisum sativum*	بسلة
Sweet pea, *Lathyrus odoratus*	بسلة الزهور
Polypodium sinuosum	بسبج
Pond lily, *Nymphaea sp.*	بشنين
Onion, *Allium cepa*	بصل
Potato, *Solanum tuberosum*	بطاطس
Water melon, *Citrullus vulgarts*	بطيخ

Tonka bean. *Dipteryx odorata*	بقلة الدبتركس
Red oak, *Quercus robur*	بلوط
Beet, *Beta vulgaris var, rapa*	بنجر
Hazel *Corylus sp.*	بندق
Violet, *Viola odorata*	بنفسج
African violet, *Saintpaulia ionantha*	بنفسج أفريق
Pouroma sp.	بورومة
Cattail, *Typha sp.*	بوط
Monkshood, *Aconitium sp.*	بيش
Elder, *Sambucus sp.*	بيلسان

* * *

Birch, *Betula alba*	تامول
Tripsacum sp.	تريساك
Apple, *Pyrus malus*	تفاح
Trumpet creeper, *Tecoma radicans*	تكومة
Douglas fir, *Pseudotsuga douglasii*	تنوب دوجلى
Blackberry, *Rubus fruticosus*	توت شوكى
Hibiscus, *Hibiscus cannabis*	تيل

Strangler fig, *Ficus sp.*	تين خناق
Bladderwort, *Utricularia vulgaris*	حامول الماء
Canarygrass, *Phalaris canariensis*	حب العصافير
Ivy, *Hedera helix*	حبل المساكين
Nettle, *Urtica sp.*	حريق
Spirea sp	حشيشة النزف
Sedge, *Carex sp.*	حلفا
Dock, *Rumex sp.*	حماض
Alder, *Alnus glutinosa*	حراية
Oxalis, *Oxalis sp.*	حميض
Poplar, *Populus sp.*	حور
Cottonwood, *Populus canadensis*	حور كندى
Sedum telephium	حيعالم
Griselinia sp.	جريزلينا
Carrot, *Daucus carota*	جزر
Walnut, *Juglans nigra*	جوز
Litchi nut, *Litchi chinensis*	جوز الليتش

Coconut, *Cocos nucifera* . جوز الهند

* * *

Hellebore, *Veratrum viride* خربق

Lettuce, *Lactuca sativa* خس

Ironwood, *Olneya tesota* خشب الحديد

California poppy, *Papaver sp.* خشخاش كاليفورنيا

European heath, *Erica sp.* خلنج أوربى

Venus's-flytrap, *Dionaea muscipula* خناق الذباب

Peach, *Prunus persica* خوخ

Cucumber, *Cucumis sativus* خيار

Scorzonera sp. دباح

Misletoe, *Loranthus sp.* دبق

Gladiolus, *Gladiolus communis* دلبوث

Chrysanthemum sp. دلفيط

Ragweed, *Ambrosia sp.* دمسيس

* * *

Corn, *Zea mays* ذرة (ذرة شامية)

Flour corn, *Z. mays var. amylacea* ذرة دقيق

Sweet corn, *Z. mays var. rugosa* ذرة سكرية

Flint corn, *Z. mays var. indurata* ذرة صوانى

Popcorn, *Z. mays var. everta* — ذرة فشار

Dent corn, *Z. mays var. indentata* — ذرة نشاوى

Sorgum, *Sorghum vulgare* — ذرة عويجة

* * *

Rata, *Metrosideros sp.* — راتا

Rafflesia, *Rafflesia arnoldi* — رافليزا

Royal poinciana, *Delonix regia* — رنف أحمر

Teosinte, *Euchlaena mexicana* — ريانة

* * *

Beech, *Fagus sylvatica* — زان

Goosefoot (pigweed), *Chenopodium sp.* — زربيح

Hawthorn, *Crataegus monogyna* — زعرور

Crocus, *Crocus sativus* — زعفران

Passionflower, *Passiflora incarnata* — زهر الآلام

English daizy, *Bellis perennis* — زهر اللؤلؤ

Zinnia, *Zinnia elegans* — زينة

* * *

Aegilops sp. — سبل

Chicory *Chichorium intybus*	سريس
Parnassia sp.	سفرس
Agropyron sp.	سفون
Cecropia sp.	سقروبيا
Sumac, *Rhus coriara*	سماق
Tulip, *Tulipa gesneriana*	سنبل
Lily, *Lilium sp.*	سوسن
Paloverde, *Cercidium sp.*	سيسبان أمريكى
Century-plant, *Agave americana*	سيسيل أمريكى
Tea, *Camellia thea*	شاى
Morning glory, *Ipomoea purpurea*	شب النهار
Cocklebur, *Xanthium sp*	شبيط
Redwood, *Sequoia sempervirens*	شجرة الخشب الأحمر
Candle tree, *Parmentiera sp.*	شجرة الشمع
Ginkgo, *Ginkgo biloba*	شجرة المعبد
Smoke tree, *Cotinus obovatus*	شجرة اليحموم
Schefflera sp.	شفليرة
Buttercup, *Ranunculus sp.*	شقائق النعمان

Strawberry, *Fragaria vesca*	شليك
Oats, *Avena sativa*	شوفان
Artemisia absinthium	شيح رومي
Rye, *Secale cereale*	شيلم
Cactus sp.	صبير
Willow, *Salix alba*	صفصاف
White pine, *Pinus strobus*	صنوبر أبيض

* * *

Thistle, *Carduus sp.*	ضهياء

* * *

Jimson weed, *Datura stramonium*	طاطورة
Tobacco, *Nicotiana tabacum*	طباق
Jerusalem artichoke, *Helianthus tuberosa*	طرطوف
Tomato, *Lycopersicum esculentum*	طماطم
Black-eyed-susans, *Thunbergia alata*	طنبرجية
Desert holly, *Ilex sp.*	طيم الصحراء
Larkspur, *Delphinium sp*	عايق
Sunflower, *Helianthus annuus*	عباد الشمس
Lentil, *Lens esculenta*	عدس

Duckweed, *Lemna minor* عدس الماء

Mushrooms, *Agaricus spp.* عراهين فطرية

English harebell[1] *Campanula rotundifolia* عسنب إنجليزى

Penicillium notatum عفن أخضر (فطر)

Catchfly, *Silene sp.* علوك

Bramble, *Rubus sp.* عليق شوكى

Virginia creeper, *Parthenocissus quinquefolia* عليق عنبي

Vine, *Vitis vinifera* عنب

Paris sp. عنب الثعلب

Cornflower, *Centaurea cynus* عنبر أزرق

Barberry, *Berberis vulgaris* عود الريح

Buckthorn, *Rhamnus sp.* عوسج

Hyacinth, *Hyacinthus orientalis* عيسلان

* * *

Mesquite, *Prosopis juliflora* غاف

Dutchman's-pipe, *Aristolochia sp.* غاغة

Pyrethrum sp. غرديب

Elm, *Ulmus sp.* غرغار

Sweet shrub, *Calycanthus floridus*	فلفل كارولينا
Phlox sp.	فلكس
Fuchsia, *Fuchsia hybrida*	فوسكيه
Bean, *Vicia faba*	فول
Peanut, *Arachis hypogea*	فول سودانى
Soybean, *Glycine soja*	فول الصويا

* * *

Squash, *Cucurbita maxima*	قرع عسلى
Carnation, *Dianthus caryophyllus*	قرنفل
Dogwood, *Cornus sp.*	قرنوس
Horse chestnut, *Aesculus hippocastanum*	قسطنة هندى
Sugar cane, *Saccharum officinarum*	قصب السكر
Goldenrod, *Solidago virgaurea*	قضيب الذهب
Cotton, *Gossypium sp.*	قطن
Bleeding heart, *Dicentra spectabilis.*	قلب مريم
Wheat, *Triticum spp.*	قمح
Buckwheat, *Fagopyrum esculentum*	قمح البقر

Hemp, *Cannabis sativa*	قنب
Coussapoa sp.	قوصابة

* * *

Casuarina sp.	كازورينة
Eucalyptus, *Eucalyptus sp.*	كافور
Camellia, *Camellia japonica*	كاميليه
Flax, *Linum usitatissimum*	كتان
Catalpa, *Catalpa sp.*	كتلبه
Celery, *Apium graveolens*	كرفس
Cabbage, *Brassica oleracea var. capitata*	كرنب
Creosote, *Larrea tridentata*	كريزوت
Cassava, *Manihot vtilissima*	كزافه
Cosmos, *Cosmos sp.*	كزموس
Calabash, *Crescentia cujete*	كلباش
Clusia sp.	كلوزيا
Pear, *Pyrus communis*	كمثرى
Gentian, *Gentiana sp.*	كوشاد
Magnolia, *Magnolia sp.*	ماجنوليا

Mimosa pudica	مستحية
Sausage tree, *Kigelia pinnata*	مشطورة
Stock, *Matthiola incana*	منثور
Banana, *Musa sapientum*	موز
Plantain, *Musa paradisiaca*	موز
Melicitus sp.	ميليسطس
Coleus sp.	نجده
Date-palm, *phoenix dactylifera*	نخيل
Dandelions, *Taraxacum officinale*	هندباء
Rose, *Rosa sp.*	ورد
Sundew, *Drosera rotundifolia*	ورد الشمس
Evenig primrose, *Oenothera biennis*	ورد الماء
Weinmannia sp.	ونمانية

معجم

أسماء النباتات الواردة فى الكتاب

Aegilops sp.	سبل
African violet, *Saintpaulia ionantha*	بنفسج أفريقى
Agropyron sp.	سفون
Alder, *Alnus glutinosa*	حراية
Alfalfa, *Medicago sativa*	برسيم حجازى
Apple, *Pyrus malus*	تفاح
Artemisia absinthium	شيح رومى
Banana *Musa sapientum*	موز
Barberry, *Berberis vulgaris*	عود الريح
Bean, *Vicia faba*	فول
Beech, *Fagus sylvatica*	زان
Beet, *Beta vulgaris var, rapa*	بنجر
Birch, *Betula alba*	تامول

Black arum, *Arum sp.* أرم أسود

Blackberry, *Rubus fruticosus* توت شوكى

Black-eyed-susans, *Thunbergia alata* طنبرجية

Bladderwort, *Utricularia vulgaris* حامول الماء

Bleeding heart, ***Dicentra** spectabilis* قلب مريم

Blue berries, *Vaccinium sp.* آس برى

Bramble, *Rubus sp.* عليق شوكى

Brittle-bush, *Encelia farinosa* أنسيليا

Buckthorn, *Rhamnus sp.* عوسج

Buckwheat, *Fagopyrum esculentum* قمح البقر

Cabbage, *Brassica oleracea var. capitata* كرنب

Cactus sp. صبير

Calabash, *Crescentia cujete* كلباش

California poppy, *Papaver sp.* خشخاش كاليفورنيا

Camellia, *Camellia japonica* كاميليه

Camellia thea شاى

Canarygrass, *Phalaris canariensis* حب العصافير

Candle tree, *Parmentiera sp.*	شجرة الشمع
Carnation, *Dianthus caryophyllus*	قرنفل
Carrot, *Daucus carota*	جزر
Cassava, *Manihot utilissima*	كزافه
Casuarina sp.	كازورينة
Catalpa, *Catalpa bignonioides*	كتلبه
Catchfly, *Silene sp.*	علوك
Cattail, *Typha sp.*	بوط
Cecropia sp.	سقروبيا
Celery, *Apium graveolens*	كرفس
Century-plant, *Agave americana*	سيسيل أمريكى
Chicory *Chichorium intybus*	سريس
China aster, *Callistephus chinensis*	أصطر صينى
Chrysanthemum sp.	دلفيط
Clusia sp.	كلوزيا
Cocklebur, *Xanthium sp.*	شبيط
Coconut, *Cocos nucifera*	جوز الهند
Coleus sp.	نجدة

Columbine, *Aquilegia sp.*	أخيليا
Corn, *Zea mays*	ذرة (ذرة شامية)
Dent corn, *Z. mays var. indentata*	ذرة نشاوى
Flint corn, *Z. mays var. indurata*	ذرة صوانى
Flour corn, *Z.mays var. amylacea*	ذرة دقيق
Pop corn, *Z. mays var. everta*	ذرة فشار
Sweet corn, *Z. mays var. rugosa*	ذرة سكرية
Cornflower, *Centaurea cyanus*	عنبر أزرق
Cosmos, *Cosmos sp.*	كزموس
Cotton, *Gossypium sp.*	قطن
Cottonwood, *Populus canadensis*	حور كندى
Coussapoa sp.	قوصابة
Creosote' *Larrea tridentata*	كريزوت
Crocus, *Crocus sativus*	زعفران
Cucumber, *Cucumis sativus*	خيار
Dandelions, *Taraxacum officinale*	هندباء
Date-palm, *Phoenix dactylifera*	نخيل

Desert holly, *Ilex sp.* طيم الصحراء

Desert sunflowers, *Helianthus petiolaris* أقاحى الصحراء

Dock, *Rumex sp.* حماض

Dogwood, *Cornus sp.* قرنوس

Douglas fir, *Pseudotsuga douglasii* تنوب دوجلى

Duckmeed, *Lemna minor* عدس الماء

Dutchman's-pipe, *Aristolochia sp.* غاغة

Eldr *Sambucus sp.* بيلسان

Elm, *Ulmus sp.* غرغار

English daisy, *Bellis perennis* زهر اللؤلؤ

English harebell *Campanula rotundifolia* عسنب إنجليزى

Eucalyptus, *Eucalyptus sp.* كافور

European heath, *Erica sp.* خلنج أوربى

Evening primrose *Oenothera biennis* ورد الماء

Flax, *Linum usitatissimum* كتان

Foxglove, *Digitalis purpurea* أصبع العذراء

Fuchsia, *Fuchsia hybrida* فوسكيه

Gentian, *Gentiana sp.* كوشاد

Ginkgo, *Ginkgo biloba*	شجرة المعبد
Gladiolus, *Gladiolus communis*	دلبوث
Goldenrod, *Solidago virgaurea*	قضيب الذهب
Goosefoot (pigweed), *Chenopodium sp.*	زربيح
Griselinia sp.	جريزلينا
Guayule, *Parthenium argentatum*	أقحوان المطاط
Hawthorn, *Crataegus monogyna*	زعرور
Hazel *Corylus sp.*	بندق
Hellebore, *Veratrum viride*	خربق
Hemp, *Cannabis sativa*	قنب
Hibiscus, *Hibiscus cannabis*	تيل
Horse chestnut, *Aesculus hippocastanum*	قسطلة هندى
Hyacinth, *Hyacinthus orientalis*	غيسلان
Ironwood, *Olneya tesota*	خشب الحديد
Ivy, *Hedera helix*	حبل المساكين
Jerusalem artichoke, *Helianthus tuberosa*	طرطوف
Jewelweed, *Phlomis sp.*	أذينه
Jimson weed, *Datura stramonium*	طاطورة

Kohlrabi, *Brassica oleracea* أبو ركبة (نوع من القرنبيط)

Larkspur, *Delphium sp.* عايق

Lentil, *Lens esculenta* عدس

Lettuce, *Lactuca sativa* خس

Lily, *Lillium sp.* سوسن

Litchi nut, *Litchi chinensis* جوز الليتش

Magnolia, *Magnolia sp.* ماجنوليا

Meliçitus sp ميليسطس

Mesquite, *Prosopis juliflora* غاف

Mimosa pudica مستحية

Misletoe, *Loranthus sp.* دبق

Monkshood, *Aconitium sp.* بيش

Morning glory, *Ipomoea purpurea* شب النهار

Mushrooms, *Agaricus spp.* عراهين فطرية

Nettle, *Urtica sp.* حريق

Oats, *Avena sativa* شوفان

Onion, *Allium cepa* بصل

Orchid, *Orchis sp.* أراشيد

Oxalis, *Oxalis sp.*	حمضيض
Paloverde, *Cercidium sp.*	سيسبان أمريكى
Papaya, *Carica papaya*	بباز
Paris sp.	عنب الثعلب
Parnassia sp.	سفرس
Passionflower, *Passiflora incarnata*	زهر الآلام
Pea, *Pisum sativum*	بسلة
Peach, *Prunus persica*	خوخ
Peanut, *Arachis hypogea*	فول سودانى
Pear, *Pyrus communis*	كمثرى
Penicillium notatum	عفن أخضر (فطر)
Petunia, *Petunia hybrida*	بتونيا
Peucephyllum sp.	بيسفلم
Phlox sp.	فلكس
Pigweed *Chenopdium sp.*	زربيح نتن
Pineapple, *Ananas sativus*	أناناس
Plantain *Mosa paradisiaca*	موز
Polypodium sinuosum	بسيج

Pond lily, *Nymphaea sp.*	بشنين
Poplar, *Populus sp.*	حور
Potato, *Solanum tuberosum*	بطاطس
Pouroma sp.	بورومة
Primula prolifera	آذان الدب
Pyrethrum sp.	غرديب
Rafflesia, *Rafflesia arnoldi*	رافليزا
Ragweed, *Ambrosia sp.*	دمسيس
Rata, *Metrosideros sp.*	راتا
Red clover, *Trifolium pratense*	برسيم أحمر
Red oak, *Quercus robur*	بلوط
Red wood *Sequoia sempervirens*	خشب أحمر
Rice, *Oryza snativa*	أرز
Rock maple, *Acer saccharinum*	أسفندان
Rose *Rosa sp.*	ورد
Royal poinciana, *Delonix regia*	رنف أحمر
Rush, *Juncus sp.*	أسل
Sausage tree *Kigeliapinnata*	مشطورة

Schefflera sp. شفليرة

Scorzonera sp. دباح

Sedge, *Carex sp.* حلفا

Sedum telephium حيعالم

Smoke tree, *Cotinus obovatus* شجرة اليحموم

Snapdragon, *Antirrhinum majus* أنف العجل

Sorgum, *Sorghum vulgare* ذرة عويجة

Soybean, *Glycine soja* فول الصويا

Spinach, *Spinacia oleracea* إسفناخ

Spirea sp. *Aspilia sp.* حشيشة النزف

Squash, *Cucurbita maxima* قرع عسلي

Storck, *Matthiola incana* منثور

Strangler fig, *Ficus sp.* تين خناق

Strawberry, *Fragaria vesca* شليك

Sugar cane, *Saccharum officinarum* قصب السكر

Sumac, *Rhus coriara* سماق

Sundew *Drosera rotundifolia* ورد الشمس

Sunflower, *Helianthus annuue* عباد الشمس

Sweet pea, *Lathyrus odoratus* بسلة الزهور

Sweet shrub, *Calycanthus floridus* فلفل كارولينا

Teosinte, *Euchlaena mexicana* ريانة

Thistle, *Carduus sp.* ضهياء

Tobacco, *Nicotiana tabacum* طباق

Tomato, *Lycopersicum esculentum* طماطم

Tonka bean. *Dipteryx odorata* بقلة الديبتركس

Tripsacum sp. تربساك

Trumpet creeper, *Tecoma radicans* تكومة

Tulip, *Tulipa gesneriana* سنبل

Venus's-flytrap, *Dionaea muscipula* خناق الذباب

Verbena, *Verbena hybrida* بربينا

Vine, *Vitis vinifera* عنب

Violet, *Viola odorata* بنفسج

Virginia creeper, *Parthenocissus quinquefolia* عليق عني

weinmannia sp. ونمانية

Walnut, *Juglans nigra* — جوز

Water melon, *Citrullus vulgaris* — بطيخ

Wheat, *Triticum spp.* — قمح

White pine, *Pinus strobus* — صنوبر أبيض

Willow, *Salix alba* — صفصاف

Yucca, *Yucca sp.* — إبرة آدم

Zinnia, *Zinnia elegans* — زينة

فهرست

كلمة المترجم ٧
مقدمة ١٧

الجزء الأول

مواد النمو ٢٥

الفصل الأول : الأوكسينات ٢٦
الفصل الثانى : التحكم فى الإزهار ٤١
الفصل الثالث : تساقط الأوراق ٥٩
الفصل الرابع : هورمونات جديدة ٦٨

الجزء الثانى

علم المناخ الزراعى ٧٧

الجزء الثالث

النمو والشكل ١٠١

الفل الأول : نموعيش الغراب ١٠٢
البصل الثانى : شكل الورقة ١١٠
الفصل الثالث : مزارع الأنسجة ١٢٠

الجزء الرابع

الأوراق الخضراء والأوراق الحمراء ١٣١

الفصل الأول : عملية التمثيل الضوئى ١٣٢
الفصل الثانى : ألوان الخريف ١٤٤

الجزء الخامس

دیناميكا الحياة النباتية ١٥٩

الفصل الأول : الحركة فى النبات ١٦٠

الفصل الثانى : صعود الماء فى النبات ١٦٩

الجزء السادس

نشأة العشيرة النباتية ١٧٩

الفصل الأول : الأشجار الخناقة ١٨٠

الفصل الثانى : نباتات جزيرة كراكاتاو ١٨٧

الفصل الثالث : بيئة النباتات الصحراوية ٢٠٠

الفصل الرابع : كيمياء العلاقات الاجتماعية فى النبات ٢١٥

الفصل الخامس : إخصاب الأزهار ٢٢٤

الجزء السابع

علم الوارثة التطبيقى ٢٤١

الفصل الأول : القمح ٢٤٢

الفصل الثانى : الذرة ٢٦٩

الفصل الثالث : الذرة الهجين ٢٨٣

تصويبات

صفحة	سطر	الكلمة	صوابها
٧	١٠	المحاولات	المجالات
١٨	١٨	العميات	العمليات
٤١	٩	تحول أساسى	تحولا أساسياً
٤٢	٨	البلوع	البلوغ
٤٦	١٦	الضوئي المختلفة في	الضوئي في
٥٠	٦	صابغة	صائمة
٥٥	٧	بتأثيرها	بتأثيره
٥٥	٩	بعامله	بعاملته
٥٧	١٠	متعينة	معينة
٥٧	١٦	لعقم	لتعقيم
٧٣	٦	أقراص من أوراق	الساق القرصية في
٨١	٣	درجة	دورة
٨٢	١٢	أثر كبير	أثراً كبيراً
٨٤	١٥	لتعطى	لتنمو
٩٩	٩	بدء العلاقة بين	العلاقة بين
١٠٢	١٠	أن الدراسات موضوع	أن موضوع
١٠٧	١٢	حادة	جادة
١٠٨	١	ثم انتظام	تم انتظام
١١٣	٥	المروض	الفروض
١١٤	٩	اختيار	اختبار
١٢٢	١٦	التواصل	التوصل
١٢٨	١٤	تنمو	تتميز
٣٦	١٤	تحضير	عادة عند تحضير
١٣٦	١٨	ويستعمل فيها	أن يستعمل
١٣٨	٨	المؤكد	المؤكسد
١٤٥	١٢	والحدر	والحور
١٤٩	٤	أوراقا	أوراقها
١٥٠	١٧	طوله	طول
١٥١	٢	محاصيل	محاليل
١٥١	٣	وصفها وعن تكاثرها	وصفه وعن تكاثره
١٥٢	١٥	بعض الفوسفات الكثير	تقليل الفوسفات
١٥٣	١٤	في النحاس	من النحاس في
١٥٤	١٣	بنزيذية فيها	بنزيذية
١٦١	١٤	سرعة	سرعته
١٦٧	١٦	صارت	صادت
١٦٩	٦	جزع	جذع
١٧٠	١٣	وتنمو	تنمو
١٧١	٢	٣/١٦ طولها	طولها ٣/٣٦
١٧١	١٤	جدرات	جدران
١٧٢	١٧	٨٩٥	١٨٩٥
١٧٣	٧	٥٠٠	٥٠٠٠
١٨٥	١١	وتطغى	وتغطى
١٨٧	٧	المد على	المد
٢٠٥	١٤	جذر	حذر
٢١٠	١٠	باردة	بادرة
٢١٣	٧	أكثر	أكبر
٢١٤	٤	الأصل	المتأصلة

صفحة	سطر	الكلمة	صوابها	صفحة	سطر	الكلمة	صوابها
٢١٦	٥	الذق	الذى	٢٥٠	٤	ذلك	غير ذلك
٢٢٢	٦	أثر واضح	أثرا واضحا	٢٥٩	١٠	Tutgidum	Turgidum
٢٢٨	٥	تفيد حبوب	تفيد من حبوب	٣٠١	٤	بالاغتماد على هده	بالاعتماد على هذه
٢٣٨	١٠	عمقت	عقمت	٣٠١	١٠	لذاتها دوو	لذاتها دون
٢٤٤	١٢	الرجل	الرحل	٣٠٢	٨	الثانيه	الثانية


دار
القومية العربية
للطباعة والنشر والانتاج





دار القومية العربية للطباعة
١٦ شارع النزهة (ميدان الجيش)